

Tesis de Posgrado

La circulación atmosférica de superficie en el sur de Sudamérica y su relación con las anomalías de temperatura y precipitación

Salles, María Alejandra

1998

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias de la Atmósfera de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Salles, María Alejandra. (1998). La circulación atmosférica de superficie en el sur de Sudamérica y su relación con las anomalías de temperatura y precipitación. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_3011_Salles.pdf

Cita tipo Chicago:

Salles, María Alejandra. "La circulación atmosférica de superficie en el sur de Sudamérica y su relación con las anomalías de temperatura y precipitación". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1998.

http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_3011_Salles.pdf

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Tema de Tesis

**LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA DE SUPERFICIE EN EL
SUR DE SUDAMÉRICA Y SU RELACIÓN CON LAS
ANOMALÍAS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN.**

Autor

María Alejandra Salles

Director

Dra. Rosa Hilda Compagnucci

Lugar de Trabajo

Departamento de Ciencia de la Atmósfera

Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires.

2011
42

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por su amor, enseñanzas, apoyo y aliento, que hicieron posible que llegara a este punto de mi carrera y de mi vida.

A Jorge, por su amor, paciencia y por impulsarme a seguir adelante con mis objetivos.

A la Dra. Rosa Hilda Compagnucci, por su apoyo a nivel profesional y por su amistad que me ayudaron a llevar a cabo este trabajo.

Al Dr. Walter Mario Vargas, por su apoyo y estímulo en la primera etapa de esta investigación.

Al Dr. Vicente Barros, por alentarme y ayudarme en un momento difícil.

Al Lic. Diego Telleria, por alentarme a continuar con este trabajo.

A mis amigos por su paciencia, su apoyo y por su amistad que me ayudaron a seguir adelante con mi proyecto.

A Gabriela Lo Forte, quien me dio una visión objetiva en los momentos de duda y constante aliento.

A mis compañeros del Departamento de Ciencias de la Atmósfera, que hicieron más gratas mis horas de trabajo.

Al Departamento de Ciencias de la Atmósfera, por cederme un espacio físico y el equipamiento necesario para desarrollar mis actividades.

Al Servicio Meteorológico Nacional, por facilitarme la información, el acceso a sus archivos y biblioteca.

Al CONICET, por haberme otorgado las becas de Iniciación y Perfeccionamiento , durante las cuales realicé la mayor parte de las investigaciones.

RESUMEN

El estudio de la circulación atmosférica diaria permite conectar su comportamiento con la temperie asociada a la misma y por este medio, obtener mayor conocimiento sobre las relaciones y causas de las anomalías climáticas observadas. El objetivo del presente trabajo es analizar la circulación atmosférica diaria sobre la región del sur de Sudamérica mediante el estudio de los campos de presión de superficie, así como también, determinar sus características y variaciones, a fin de relacionarlas con las anomalías de temperatura, precipitación y presión observadas en el área. Los resultados y conclusiones de este tipo de estudios constituyen una gran contribución al pronóstico climático de mediano plazo, proporcionando herramientas para el testeo de los resultados de los modelos climáticos al aportar información empírica sobre la relación entre la circulación y las fluctuaciones del clima.

El período elegido para el estudio abarca los años comprendidos entre los años 1972 y 1983, durante el cual se presentaron los eventos ENSO 1972/73, 1976/77 y 1982/83, con diferentes características en cada uno de ellos. Durante este período también se registró un “salto” climático alrededor de 1977.

Se analizan mediante Componentes Principales, los campos diarios de presión de superficie para el ciclo anual, a fin de obtener un catálogo de los tipos sinópticos que predominan en el área estudiada, determinando los patrones característicos y la frecuencia de los mismos. Estos resultados conforman la referencia climático-sinóptica que permite estudiar separadamente los 3 eventos ENSO, asociando las anomalías de presión, temperatura y precipitación encontradas con los cambios en la circulación. Por otra parte, se comparan los años de evento ENSO con aquellos intermedios considerados “normales”, en los que no se detectaron anomalías en el Pacífico Ecuatorial, con el objetivo de contrastar sus características. Para esto se utiliza el análisis de Componentes Principales y el Análisis Espectral, en cada uno de los años, veranos (diciembre, enero y febrero) e inviernos (junio, julio y agosto) del período correspondiente.

Los resultados muestran que todos los meses del año presentan tipos sinópticos similares independientemente de la estación, observándose solo algunas diferencias intermensuales, que concuerdan con las características climáticas conocidas. Estos rasgos se observan además durante los años ENSO, así como también durante aquellos considerados “normales”. La principal variabilidad de los campos de presión de superficie, podría ser adjudicada principalmente a cambios en la frecuencia de

los principales tipos sinópticos, representada por la varianza explicada por cada modelo, más que a cambios de forma y ocurrencia de diferentes tipos.

Se evidencia un cambio en la varianza explicada los tipos sinópticos entre las muestras anuales anteriores y posteriores a 1977, no observándose esta característica en las muestras correspondientes a los veranos y a los inviernos.

El estudio de los años de ocurrencia de evento ENSO muestra que, en general, la presencia de este fenómeno tiene mayor impacto en el sur de Sudamérica durante los inviernos que durante los veranos.

El área de estudio responde más sensiblemente al IOS que a la anomalía de TSM, observándose anomalías opuestas entre los sucesivos años, en especial para los inviernos de los dos años que conforman el ciclo ENSO. Esto podría utilizarse como una contribución al pronóstico estacional en los años de ocurrencia de ENSO

Los años “normales”, no muestran características de anomalías opuestas ni particularidades que puedan aportar al pronóstico estacional.

PALABRAS CLAVE: Climatología-sinóptica. Campos diarios de presión de superficie. Componentes Principales. Anomalías de presión, temperatura y precipitación. ENSO.

ABSTRACT

Daily atmospheric circulation study allows to connect its behaviour to the associated weather and by this mean to obtain a major knowledge on causes and relationships of observed climatic anomalies. The main objective of the present work is analysing daily atmospheric circulation over the southern region of South America by means of studying surface pressure fields as well as determining its features and variations so as to relate them with observed temperature, rainfall and pressure anomalies over the area. Results and conclusions of this sort of studies are of great contribution to the medium range climatic forecast, proportioning tools for testing climatological model outcomes, as they give empirical information on the relationship between circulation and climate fluctuations.

The chosen period of study takes those years between 1972 and 1983, in which 1972-73, 1976-1977 and 1982-83 ENSO events were presented with different features in each of them. During this period a climatic “jump” was also registered near about 1977.

Daily surface pressure fields for the annual cycle are analysed by Principal Components, so as to obtain a catalogue of synoptic types which predominate over the studied area, determining typical patterns and their frequencies.

These results form the climatic-synoptic reference which permits to study separately the three ENSO events, associating encountered pressure, temperature and rainfall anomalies with circulation changes. On the other hand, ENSO event years are compared to those intermediate years regarded as ‘normal’, in which Pacific Equatorial anomalies were not detected, with the aim of contrasting their behaviours. For this, Principal Components and Spectral Analysis are utilized in each of the years, summers (December, January and February) and winters (June, July and August) for the corresponding period.

Results show that all months year round present seasonally independent similar synoptic types, noting only intermonthly differences that agree with known climatic features. Moreover, these features are observed during ENSO years as well as in those considered to be “normal”. The main surface pressure field variability could possibly be due to frequency changes of the principal synoptic types, represented by the accounted for variance of each model, more than being due to form and occurrence changes of different types.

For the synoptic types explained variance between anterior and posterior to 1977 annual samples, a change is evident, being this not such way for samples corresponding to summers and winters.

The study of ENSO events occurrence years show that generally the presence of this phenomena has a great impact over southern South America during winters and summers.

This region replies more sensitively to the SOI than to SST anomalies, observing apposite anomalies among successive years, specially for winters of the two-year ENSO cycle. This could be used as a contribution to seasonal forecasting during years of ENSO events.

Normal years do not show either opposite anomalies or particularities that may contribute to the seasonal forecasting.

KEY WORDS: Synoptic climatology. Daily surface pressure fields. Principal Components, Pressure, temperature and precipitation anomalies. ENSO.

ÍNDICE

Capítulo 1: Introducción.	1
1.1 Esquema de trabajo	6
<i>Bibliografía</i>	7
Capítulo 2: Datos.	12
<i>Bibliografía</i>	17
Capítulo 3: Metodología.	18
3.1 Introducción, antecedentes y justificación.	18
3.2 Componentes Principales - formulación matemática.	22
3.3 Análisis espectral	28
3.4 Anomalías	28
<i>Bibliografía</i>	29
Capítulo 4: Comportamiento de la circulación atmosférica para el ciclo anual.	31
4.1 Introducción y antecedentes.	31
4.2 Resultado del análisis de Componentes Principales en la muestras mensuales correspondientes al ciclo anual	32
4.3 Conclusiones	43
<i>Bibliografía</i>	44
Capítulo 5: Eventos ENSO (El Niño/ Oscilación Sur).	62
5.1 Introducción.	62
5.2 Evento ENSO 1972-73.	66
5.2.1 Datos utilizados para el análisis del evento 1972-73.	67
5.2.2 Resultados.	67
5.2.2.1 Campos de anomalías.	67
5.2.2.2 Características de los campos de presión.	73
5.2.2.3 Relación entre los porcentajes de varianza, el IOS y el índice de TSM.	78
5.2.2.4 Análisis de los espectros.	78
5.2.2.5 Discusión y conclusiones.	82
5.3 Evento ENSO 1976-77 y el evento frío “La Niña” de 1975.	83
5.3.1 Datos utilizados para el análisis del evento 1976-77 y La Niña 1975.	84
5.3.2 Resultados.	85
5.3.2.1 Campos de anomalías.	85
5.3.2.2 Características de los campos de presión.	91
5.3.2.3 Relación entre los porcentajes de varianza, el IOS y el índice de TSM.	97
5.3.2.4 Análisis de los espectros.	97
5.3.2.5 Discusión y conclusiones.	99
5.4 Evento ENSO 1982-83	103

5.4.1 Datos utilizados para el análisis del evento 1982-83.	104
5.4.2 Resultados.	104
5.4.2.1 Campos de anomalías	104
5.4.2.2 Características de los campos de presión.	108
5.4.2.3 Relación entre los porcentajes de varianza, el IOS y el índice de TSM.	111
5.4.2.4 Análisis de los espectros.	111
5.4.2.5 Discusión y conclusiones.	114
5.5 Conclusiones remarcables	115
<i>Bibliografía</i>	116
Capítulo 6: Circulación atmosférica y anomalías de años “normales”.	122
6.1 Introducción.	122
6.2 Datos Utilizados.	123
6.3 Resultados.	124
6.3.1 Campos de anomalías.	124
6.3.2 Características de los campos de presión.	134
6.3.3 Relación entre los porcentajes de varianza, el IOS y el índice de TSM.	142
6.3.4 Análisis de los espectros.	142
6.4 Análisis del período 1972-83.	150
<i>Bibliografía</i>	153
Capítulo 7: Conclusiones generales	156

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Las condiciones medias de la circulación atmosférica se definen como el promedio de los diferentes tipos de circulación que afectan a cada hemisferio durante un período prolongado.

Las características medias de la presión a nivel del mar para el Hemisferio Sur (HS) del Ecuador al Polo son:

- a) la presión aumenta del Ecuador hacia mayores latitudes hasta llegar a un máximo en el subtropical (30° aproximadamente) con celdas anticiclónicas en cada uno de los Océanos,
- b) la presión disminuye hasta alcanzar un mínimo entre 60° y 70°S, en la llamada zona de bajas circumpolares, donde se encuentran cuatro mínimos (onda cuatro) y en primavera cinco,
- c) al sur de este mínimo la presión vuelve a ascender hasta llegar a un máximo sobre el Continente Antártico (van Loon, 1972).

Estos rasgos medios de la presión a nivel del mar presentan una oscilación a través del año asociada a la marcha solar, es decir, durante los meses de invierno los sistemas están corridos hacia el norte con respecto al verano. Además de este desplazamiento longitudinal, los anticiclones subtropicales muestran un desplazamiento zonal hacia el oeste desde el verano al invierno (Taljaard y otros, 1969).

Las perturbaciones de la circulación media pueden variar en escala temporal y espacial, afectando así el medio ambiente, el desarrollo de la vida humana y la economía, dependiendo su impacto de la magnitud de la anomalía.

Se han observado anomalías no recurrentes localizadas espacial y temporalmente, estas son perturbaciones extraordinarias como por ejemplo, años con lluvias o temperaturas mayores o menores a los valores normales pueden provocar estragos en las economías regionales. Dentro de este tipo de anomalías podemos citar los siguientes ejemplos:

Malaka y Nuñez (1980), estudiaron la sequía generalizada que afectó a la República Argentina en el año 1962, indicando que esto se debió a la intensificación de la influencia del anticiclón subtropical del Pacífico frente a las costas de Chile, sumado a la persistencia de una

acción bloqueante en el Océano Atlántico Sur al sur de 55°S y la inhibición de la penetración del aire tropical (cálido y húmedo) proveniente del Brasil y del Atlántico.

Malaka (1987) analizó los aspectos sinópticos de las abundantes precipitaciones en las provincias de Buenos Aires y La Pampa, que contribuyeron a grandes inundaciones en el período octubre 1985 a enero de 1986. El motivo principal resultó ser a un mínimo de presión sobre el Litoral, mayor frecuencia de pasajes frontales entre los paralelos 32° y 38°S, sumado a el exceso de humedad ubicado sobre la provincia de Córdoba y la zona Cuyana en 850 Hpa.

Otra situación notable fue la ocurrida en el año 1988, con anomalías extremas en gran parte del continente Americano. En Estados Unidos de América, se registró una importante sequía en casi todo el país durante los meses de primavera y verano asociada a fuertes condiciones anticiclónicas en la alta atmósfera (Trenberth y otros, 1988). En Sudamérica, la República Argentina, Uruguay y sur de Brasil, los meses de mayo, junio y julio presentaron importantes anomalías negativas de temperatura asociadas a una poderosa celda anticiclónica ubicada en el Atlántico Sur cerca de la costa central Argentina, la cual estaba fortalecida por la anormalmente fría corriente de Malvinas. Asociado a esto también se registró déficit de precipitación en el área. A su vez la zona norte y central de Chile sufrió importantes anomalías negativas de precipitación entre los meses de mayo y septiembre relacionadas con el fortalecimiento del anticiclón semipermanente de Pacífico y la formación de una cuña en la Argentina. Ocurrieron también anomalías negativas de temperatura y precipitación en Perú, Ecuador y oeste de Colombia. En el norte de Venezuela se registraron depresiones tropicales, inundaciones y sequías (Caviedes, 1989).

Existen perturbaciones que tienen cierta periodicidad, esta son recurrentes aunque pueden variar en intensidad y duración, las mismas son foco de interés en los estudios climatológicos debido a la latente la posibilidad de su pronóstico y por lo tanto el de las anomalías asociadas a ellas. El ejemplo más notable es la variación en la intensidad de la circulación de Walker, que puede medirse como la diferencia de presión entre el Anticiclón Subtropical del Pacífico este y la zona de baja presión de Indonesia definida como la Oscilación Sur (OS), que produce cambios en la intensidad de los vientos Alisios. Esta fluctuación de la OS ocurre en la escala de tiempo de 2 a 7 años (Trenberth, 1976).

En relación con esta perturbación atmosférica ocurre el fenómeno denominado El Niño que es una disminución en las surgencias de agua subsuperficial fría de la corriente del Perú en las

costas de Perú y Ecuador, que lleva a un aumento de la temperatura de la superficie del mar en esa zona (Ramage, 1986).

Cuando la atmósfera a través de la OS y el océano mediante el evento El Niño están asociados de tal forma que el evento cálido se extiende espacial y temporalmente estamos frente a un evento ENSO (El Niño / Oscilación Sur) Trenberth y Shea (1987).

El ENSO ha sido estudiado por diferentes autores, debido a que sus efectos tienen implicancia global (Horel y Wallace, 1981).

En el Hemisferio Norte (HN), se observa la ausencia o disminución de las precipitaciones monsonicas durante la temporada estival sobre la India, sequías en Hawai (Meehl, 1987; Rasmusson y Carpenter, 1982; Hackert y Hastenrath, 1986) y disminución de la precipitación en casi todas las regiones de Panamá (Estoque y otros, 1985). Por otra parte, la precipitación anual sobre California para los años de ocurrencia de evento ENSO es cercana o sobre lo normal (Schönherr y Nicholson, 1989).

En América del Sur se observan asociadas al ENSO sequías en el NE del Brasil y copiosas lluvias en las costas áridas del Perú (Mugica, 1984; Caviedes, 1993), déficit de precipitación en los altos Andes tropicales y el Altiplano (Francou y Pizarro, 1985), tendencia a condiciones húmedas aparecen el sur de Brasil y norte de la República Argentina (Aceituno, 1983) y anomalías positivas de precipitación en los Andes Centrales (Caviedes, 1974; Quinn y Neal, 1983; Compagnucci y Vargas, 1987 y Compagnucci, 1989).

Además de estos dos tipos de perturbaciones (extraordinarias y cuasi-periódicas) existen también cambios seculares en la circulación como por ejemplo el estudiado por Barros y Mattio (1978), quienes analizan la precipitación en la Patagonia en el período 1940-60 detectando que la mayor precipitación en la década del '40 con respecto a la del '50 pudo haberse originado por una mayor frecuencia de casos con alta presión al sur de la zona que favorece el aporte de aire húmedo del Océano Atlántico.

El mismo cambio interdecádico fue estudiado por Minetti y otros (1987) quienes notaron que existe un aumento en la intensidad de los alisios que traen vapor de agua hacia el continente entre las décadas 1941-50 y 1951-60 dado por un aumento del índice de circulación zonal del este (presión media en Río de Janeiro - presión media en Quixeramobim) debido a un desplazamiento hacia el sur del máximo de presión sobre la costa mas septentrional que tiene el anticiclón del Atlántico.

Castañeda (1995), analizó la posición media del máximo de viento en 200Hpa sobre la República Argentina, relacionada con la posición de la corriente en chorro subtropical y a la latitud del máximo del anticiclón del Atlántico. La autora encontró que existe un desplazamiento hacia el sur de este máximo de viento asociado al desplazamiento hacia el sur de la circulación subtropical en Sudamérica en los últimos años que responde a una disminución del gradiente térmico Ecuador-Polo.

Existen evidencias de un cambio en la circulación que se produjo en los últimos años de la década del 70. van Loon y otros (1992) encontraron diferencias en la presión a nivel del mar del HS entre los inviernos del período 1972-77 y del período 1982-85 más 1987-89 en latitudes medias y altas. Hurrell y van Loon (1993) observaron que la oscilación semi-anual que es la más importante en los océanos y la Antártida se debilita después de fines de los '70s.

Ebbesmeyer y otros (1991), observaron un “salto” en el clima del Pacífico entre el período previo y posterior a 1976 cuando examinaron 40 variables meteorológicas, oceanográficas y otras relacionadas con el medio ambiente.

Wang (1995) mostró que existe cambio en las características del comienzo de los eventos ENSO después de episodio cálido de 1976, relacionándolo con el abrupto cambio que ocurrió alrededor de 1977.

De los antecedentes mencionados, surge la importancia de ahondar en el conocimiento de la circulación atmosférica y de sus cambios en relación con las anomalías de las variables climáticas más significativas, las cuales son temperatura y precipitación, por su gran impacto en el medio ambiente y en el desarrollo de la vida humana.

Muchos de los trabajos realizados en este sentido sólo han tendido en cuenta las características medias mensuales, estacionales o anuales de la circulación. Este estado medio, evidentemente, es producto de la acumulación en el tiempo del comportamiento de la atmósfera en la escala llamada sinóptica.

El estudio de la circulación atmosférica diaria permite conectar su comportamiento con el estado del “tiempo” asociado y por este medio obtener mayor conocimiento sobre las relaciones y causas de las anomalías climáticas observadas. En este sentido, el objetivo del presente trabajo es analizar la circulación atmosférica diaria en el área del sur de Sudamérica mediante el estudio de los campos de presión de superficie. Así mismo, determinar sus características y variaciones a fin

de relacionarlas con las anomalías de temperatura, precipitación y presión observadas en el área. Los resultados y conclusiones de este tipo de estudios pueden ser de gran aporte al pronóstico climático de mediano plazo y redundar en herramientas para el testeo de los resultados de los modelos climáticos al aportar información empírica sobre la relación entre la circulación y las fluctuaciones del clima.

El periodo elegido para el estudio comprende los años 1972 a 1983, durante el mismo se presentaron los eventos ENSO 1972/73, 1976/77 y 1982/83, cada uno de ellos de diferentes características de acuerdo con lo señalado recientemente por Wang (1995) y como puede observarse en las series de Índice de Oscilación Sur (IOS) y de Temperatura Superficial del Mar (TSM) dadas por Wright (1989).

El evento 1972-73 presentó un desarrollo de anomalías de TSM en fase estrictamente opuesta con el IOS que se ajusta a la descripción de un episodio El Niño típico derivado de la composición de eventos ocurridos entre 1950 y 1976 realizada por Rasmusson y Carpenter (1982).

El evento 1976-77 tuvo características atípicas, lo cual produjo discrepancia entre los investigadores en cuanto a la intensidad (por ejemplo, Ramage (1986), Quinn (1992) moderado; Karoly (1989), fuerte; Estoque y otros (1985) fuerte) y duración del episodio (mientras Ramage (1986) y Karoly (1989) consideraron los años 1976 y 1977, Rasmusson y Carpenter (1982), Trenberth (1984), Kiladis y van Loon (1988) y Quinn (1992) solo tienen en cuenta el año 1976), posiblemente debido a que las anomalías de TSM y el IOS se encontraban fuera de fase (Trenberth, 1989).

El evento 1982-83 tuvo un comienzo tardío con respecto a los eventos anteriores (Nobre y Oliveira, 1987; Enfield, 1989) y es considerado como el episodio más intenso del siglo (Hense, 1986; Rasmusson, 1987).

Trabajos como el de Ropelewski y Halper (1987), señalan relación entre las anomalías de temperatura media mensual y precipitación mensual en el área de estudio aquí propuesta y los extremos del IOS. Se propone complementariamente un estudio más detallado que involucra el comportamiento diario de la circulación atmosférica y las anomalías mensuales de temperatura,

presión y precipitación para el cono sur de América que puede ser un aporte al pronóstico a mediano plazo.

Durante el período elegido para el estudio se registró el “salto” climático de 1977 detectado y estudiado primeramente por Trenberth (1990) en las condiciones de temperatura del Pacífico Ecuatorial y en los sistemas de presión definidos por el IOS y de la baja de las Aleutianas. Posteriormente Ebbesmeyer y otros (1991) comprobaron su existencia en una amplia gama de variables climáticas registradas en diversas regiones del HN y en áreas tropicales de HS. En el reciente trabajo de Wang (1995) se señala que dicho “salto” está asociado al cambio en el comportamiento de la señal del IOS respecto al ciclo estacional y al diferente proceso de desarrollo para los ENSO previos y posteriores a 1977.

Los años previos a 1977 serían en forma general de estado frío del Océano Pacífico Ecuatorial con un “salto” a estado caliente para los años posteriores a 1977. Así mismo, de acuerdo con los resultados obtenidos por Hurrell y van Loon (1993), durante la segunda mitad del período aquí estudiado se observó un cambio en la varianza explicada por la oscilación semi-anual de la presión de superficie para latitudes medias y altas del HS.

Sintetizando, el período 1972 a 1983 incluye los eventos cálidos de 1972, 1976 y 1982 (en general acuerdo con la literatura de referencia), los eventos fríos de 1973 y 1975 (de acuerdo con van Loon y Shea, 1985) y el de 1978 consignado como tal por Kiladis y Diaz (1989). Además incluye el “salto” climático de 1977 en las condiciones del Pacífico Ecuatorial y el cambio de fines de los 70's y principios de los 80's en latitudes medias y altas del HS. El estudio de un período con estas características permite determinar diferencias y similitudes entre eventos extremos de escala global evaluando su impacto en el área sur de Sudamérica.

1.1 ESQUEMA DE TRABAJO

Para estudiar las anomalías de la circulación es necesario previamente obtener las características climático-sinópticas de los campos de presión. Para ello, primeramente, se analizan los diferentes tipos de campos de presión de superficie en el sur de Sudamérica a través del ciclo anual y se cuantifica su frecuencia, ya que cambios en la circulación pueden ser debidos a cambios

en los patrones de flujo y/o cambios en las frecuencias de los mismos. El objetivo es generar una aproximación a un catálogo climático-sinóptico del área. El método empleado de tipificación es el análisis de Componentes Principales (CP) .

El mismo resultado es utilizado para analizar el comportamiento de cada año, de los inviernos y los veranos en forma individual y determinar las diferencias entre los años de eventos cálidos y fríos o aquellos sin anomalías en el Pacífico Ecuatorial.

Complementariamente, se determinan las anomalías de temperatura y presión medias y totales de precipitación para las muestras anuales, mensuales y estacionales en forma individual a fin de determinar su relación con el comportamiento de la circulación.

BIBLIOGRAFÍA:

Aceituno, P. (1983): On Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I: Surface Climate. *Monthly Weather Review*. 116. 505-524.

Barros, V.R. y Mattio, H.F. (1978/79): Tendencias y Fluctuaciones en la Precipitación de la Región Patagónica. *Meteorologica*, VIII/IX. 237-246.

Blasing, T.J. (1975): A comparison of map-patterns correlation and principal component eigenvector methods for analyzing climatic anomaly patterns. AMS. Preprints of Fifth Conference Probability and Statistics. 96-107.

Castañeda, M.E. (1995): La Influencia de Algunos Aspectos de la Circulación sobre Argentina, en la Climatología de la Precipitación. Tesis Doctoral. UBA. pp. 180.

Caviedes, C. (1974): Climatic Hazards in Tropical and Subtropical South America. Fifth Conference of Latin Americanist Geographers. Boca Raton, Florida. U.S.A..

Caviedes, C. (1989): The Anomalous Climate of South America in 1988. *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*. N° 52. Fall.1989.

Caviedes, C. (1993): Secas y El Niño: Two simultaneous climatical hazards in South America. Assoc. Amer. Geogr., Proceedings 5, 44-9

Compagnucci, R. H., Fonero, L. y Vargas, W.M. (1985): Algunos Métodos Estadísticos para Tipificación de Situaciones Sinópticas: Discusión Metodológica. Geoacta, 13. 43-45.

Compagnucci, R.H. (1989): Climatología sinóptica de las Precipitaciones en Cuyo. Tesis Doctoral. UBA. pp. 238.

Ebbesmeyer, C.C.; Cayan, D.R.; McLain, D.R.; Nichols, F.H.; Peterson, D.H. y Redmond, K.T. (1990): 1976 Step in the Pacific Climate: Forty Environmental Changes Between 1968-1975 and 1977-1984. Proceeding of the Seventh Annual Pacific Climate (PACLIM) Workshop. California Department of Water Resources. Interagency Ecological Studies Program Technical Report 26. In J.L. Betancourt y V.L. Tharp, editors. 1991. 115-126.

Estoque, M.A.; Luque, J.; Chandeck-Monteza, M. y Garcia, J. (1985): Effects of El Niño on Panamá Rainfall. Geofísica Internacional, 24. 355-381.

Francou, B. y Pizarro, L. (1985): El Niño y la sequía en los Altos Andes Centrales: (Perú y Bolivia). Bull. Inst. Fr. Et. And. XIV. 1-18.

Hackert, E.C. y Hastenrath, S. (1986): Mechanisms of Java Rainfall Anomalies. Monthly Weather Review. 114. 745-757.

Hurrell, W.L. y van Loon, H. (1993): A Disruption of the Atmospheric Annual Cycle in the Southern Hemisphere. Tellus.

Kiladis, G.N. y Diaz, H.F. (1989): Global Climatic Anomalies Associated with Extremes in the Southern Oscillation. Journal of Climate, vol.2. pp.1069-1076.

Lund, I.A. (1963): Map-pattern classification methods. Journal of Applied Meteorology.

2. 56-65.

Malaka, I. y Nuñez, S. (1980): Aspectos Sinópticos de la Sequía que afectó a la República Argentina en el año 1962. *Geoacta*, 10, N° 2. 1-21.

Malaka, I.A.C. (1987): Aspectos sinópticos de las Anomalías de Precipitación Ocurridas Durante los Meses de Octubre a Enero 1985/86. II Congreso Interamericano de Meteorología y V Congreso Argentino de Meteorología. Bs. As., Argentina. 6.1.1-6.1.5.

Meehl, G.A. (1987): The Annual Cycle and Interannual Variability in the Tropical Pacific and Indian Ocean Regions. *Monthly Weather Review*, 115. 27-50.

Minetti, J.L.; Sierra, E.M. y Poblete, A.G. (1987): Las Fluctuaciones de la Circulación Regional en Sudamérica. II Congreso Interamericano de Meteorología - V Congreso Argentino de Meteorología. 12.3.1-12.3.6.

Mugica, R. (1984): Departamento de Piura Rainfall in 1983. *Tropical Ocean-Atmosphere, Newsletter* 28,7.

Pittock, A.B. (1980): Patterns variations in Argentina. Part I: Precipitation. *Mon. Wea. Rev.* 108. 1347-1361.

Pittock, A.B. (1980): Patterns variations in Argentina. Part II: Temperature. *Mon. Wea. Rev.* 108. 1362-1369.

Quinn, W.H. y Neal, V. (1983): The Southern Oscillation. Climatic Changes Along the West Coast of the South America. *Proceedings of Seventh Annual Climate Diag. Workshop NCAR*.

Ramage, C.S. (1986): El Niño. *Scientific American*. Junio. 76-83.

Rasmusson, E.M. y Carpenter, T.H. (1982): Variations in Tropical Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated with the Southern Oscillation/ El Niño. *Monthly weatherr Review*, 110. 354-383.

Ropelewski y Halper (1987): Global and Regional Scale Precipitation Patterns Associated with El Niño/ Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115.1606-1626.

Salles, M.A. (1990): Anomalías de los campos de Presión de Superficie para el Sur de Sudamérica. Seminario General. Departamento de Meteorología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UBA. pp.86.

Salles, M.A. y Compagnucci, R.H. (1990): Anomalías de Presión. Temperatura y Precipitación en el Sur de Sudamérica durante los años 1976-1977. 16ª Reunión Científica de la AAGG. Bahía Blanca, Rep. Argentina.

Schönherr, T. y Nicholson, S.E. (1989): The Relationship Between California Rainfall and ENSO Events. *Journal of Climate*, 2. 1258-1269.

Taljaard, J.J.; van Loon, H.; Crutcher, H.L. y Jenne, R.L. (1969): Climate of the Upper air: Southern Hemisphere. vol.1, Temperatures, Dew Points, and Heights at Selected Pressure Levels. NAVAIR 50-1C-55, Chief Naval Operations, Washington, D.C., pp. 135.

Trenberth, K.E. (1976): Spatial and Temporal Variations of the Southern Oscillation. *Quaterly Journal of Royal Meteorological Society*, 102.639-653.

Trenberth, K.E. y Shea, D.J. (1987): On the Evolution of the Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115. 3078-3096.

Trenberth, K.E.; Brandstator, G.W.; Arkin, P.A. (1988): Origins of the 1988 North American Drought. *Science*, 242.1640-1644.

Trenberth, K.E. (1990): Recent Observed Interdecadal Climate Changes. American Met. Soc. Special Session on Climate Variation and Joint Section on Hydrology and Climate Variations. Anaheim, CA.

van Loon, H. (1972): Pressure in the Southern Hemisphere. In Meteorology of the Southern Hemisphere. Meteorological Monographs, 13, N° 35. Publicado por The American Meteorological Society.

van Loon, H. y Shea, D.J. (1985): The Southern Oscillation. Part IV: The Precursors South 15°S to the Extremes of the Oscillation. Monthly Weather Review, 113. 2064-2074.

van Loon, H; Kidson, J.W. y Mullan, A.B. (1992): Changes of the Annual Cycle in the Australian Data Set.

Vargas, W.M. y Compagnucci, R.H. (1983a): Methodological Aspects of Principal Component Analysis in Meteorological Fields. Preprints Second International Conference on Stat. Climat., Lisboa. Portugal. 5.3.1.

Vargas, W.M. y Compagnucci, R.H. (1983b): Factibilidad de Análisis de Campos de Presión en America del Sur Mediante el Uso de Autovectores y Autovalores. Parte I: Estudio de la Sensibilidad Mediante Muestra Simulada. Meteorologica, XIV.199-209.

Wang, B. (1995): Interdecadal Changes in El Niño Onset in the Last Four Decades. Journal of Climate, 8. 267-285.

Wright, P.B. (1989): Homogenized Long-Period Southern Oscillation Indices. International Journal of Climatology, 9. 33-54.

Yarnal, B. (1984): The Effects of Weather Map Scale on the Results of a Synoptic Climatology. International Journal of Climatology, 4. 481-493.

CAPÍTULO 2:

DATOS

El estudio de la circulación diaria se realiza mediante el análisis de los campos de presión a nivel del mar de la hora 12TMG. Los mismos se definen a partir de la información registrada en 81 estaciones meteorológicas ubicadas en el sur de Sudamérica, cubriendo Argentina, Chile, Uruguay y sur de Brasil, la parte norte de la Península Antártica y parte del área oceánica circundante mediante información de estaciones ubicadas en las isla Malvinas, Orcadas, Juan Fernández determinando el extremo occidental y Goergias el extremo oriental del área de estudio.

En la Figura 2.1, se muestra la ubicación de las estaciones y en la Tabla 2.1 se encuentra el listado de las mismas con el nombre, numeración internacional, latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar.

El período considerado en el estudio comprende desde diciembre de 1971 a diciembre de 1983. Los 4405 campos diarios de presión son agrupados formando cuatro diferentes bases de análisis para cubrir los diversos objetivos del estudio.

- 1) Base para el análisis del comportamiento de la circulación a través del ciclo anual compuesta por doce grupos de datos. Cada uno de ellos correspondiente a los meses del ciclo anual o sea enero, febrero hasta diciembre respectivamente conteniendo la información de los doce años considerados (para meses de 31 días, el grupo contiene 372 campos; para el meses de 30 días, 360 campos y febrero contiene 339 campos).
- 2) Base para el análisis anual de la circulación formada por doce grupos, cada uno correspondiente a un año y que contienen 365 campos (366 en caso de 1972, 1976 y 1980).
- 3) Base para el análisis estacional:
 - 3.a) doce grupos correspondientes a los inviernos conteniendo los campos diarios de junio, julio y agosto que forman un total de 92 campos cada grupo.
 - 3.b) doce grupos correspondientes a los veranos conteniendo los campos diarios de diciembre, enero y febrero, un total de 90 campos (91 en el caso de los años bisiestos).

Para la determinación de las anomalías de temperatura, presión y precipitación se utilizaron los valores medios mensuales de presión y temperatura y los totales mensuales de precipitación.

El período tomado como referencia (“datos climáticos normales”) para el cálculo de anomalías es 1931-1960. Varias de las 81 estaciones consideradas para definir los campos de presión se superficie no presentan registros para esos 30 años en las fuentes consultadas, que son las Estadísticas Climáticas del SMN y datos del World Weather Record, debido a esto, el número de estaciones disponibles para el cálculo de anomalías se vio reducido. En el caso de la temperatura y la precipitación existen también falta de datos en el período bajo estudio, diciembre 1971 a diciembre de 1983, lo que reduce aún más el número de estaciones, por lo cual se incluyeron algunas estaciones adicionales (ver Tabla 2.2) a fin de que la determinación de las anomalías sea representativa de todo el área considerada en el análisis de los campos de presión.

Los datos medios mensuales de temperatura y los totales mensuales de precipitación son extraídas de los World Weather Record para el período 1971-1980 y Monthly Climate Data for the World para el período enero de 1981 a diciembre de 1983.

Tabla 2.1:

N	Nombre de la estación	Numeración Internacional	Latitud	Longitud	Altura en metros
1	Montevideo	86-580	34° 58'	56° 12'	22
2	Punta del Este	86-595	34° 58'	54° 57'	16
3	Treinta y Tres	86-500	33° 13'	54° 23'	44
4	Río Negro	86-460	32° 40'	56° 40'	
5	Bage	84-980	29° 42'	53° 50'	2
6	Porto Alegre	84-971	31° 01'	51° 13'	10
7	Florianopolis	84-895	27° 35'	48° 34'	46
8	Ezeiza	87-576	34° 49'	58° 32'	20
9	Bahía Blanca	87-750	38° 44'	62° 11'	83
10	Mar del Plata	87-692	37° 56'	57° 35'	24
11	Dolores	87-648	36° 21'	57° 44'	9
12	Tres Arroyos	87-688	38° 20'	60° 15'	115
13	Azul	87-642	36° 44'	59° 50'	132
14	Pigüe	87-692	37° 37'	62° 25'	304
15	Pehuajó	87-544	35° 51'	61° 52'	87
16	Junin	87-548	34° 33'	60° 57'	81
17	Iguazú	87-097	25° 41'	54° 27'	180
18	Posadas	87-178	27° 22'	55° 58'	133
19	Paso de los Libres	87-289	29° 41'	58° 09'	70
20	Montecaseros	87-393	30° 16'	57° 39'	107
21	Concordia	87-395	31° 18'	58° 01'	38
22	Gualectuaychú	87-497	33° 00'	58° 37'	24
23	Formosa	87-162	26° 12'	58° 14'	65
24	Las Lomitas	87-078	24° 42'	60° 35'	130

25	Resistencia	87-155	27° 27'	59° 05'	52
26	Saenz Peña	87-149	26° 49'	60° 27'	92
27	Ceres	87-257	29° 53'	61° 57'	88
28	Sauce Viejo	87-371	31° 42'	60° 49'	18
29	Rosario	87-480	32° 55'	60° 47'	27
30	San Juan	87-311	31° 54'	68° 25'	598
31	Villa María del Río Seco	87-241	29° 54'	63° 41'	341
32	Córdoba	87-344	31° 19'	64° 13'	474
33	Labulaye	87-534	34° 08'	63° 64'	138
34	Río Cuarto	87-453	33° 05'	64° 16'	421
35	Villa Dolores	87-328	31° 57'	65° 08'	569
36	Santiago del Estero	87-129	27° 46'	64° 18'	199
37	Tucumán	87-119	26° 48'	65° 12'	418
38	Orán	87-016	23° 09'	64° 19'	357
39	Catamarca	87-220	28° 27'	65° 46'	531
40	La Rioja	87-217	29° 23'	66° 49'	430
41	San Luis	87-436	33° 16'	66° 21'	713
42	Villa Reynolds	87-448	33° 44'	65° 23'	487
43	Mendoza (El Plumerillo)	87-418	32° 50'	68° 47'	746
44	San Rafael	87-509	34° 35'	68° 24'	746
45	Malargüe	87-506	35-30'	69° 35'	1423
46	General Pico	87-532	35° 42'	63° 45'	140
47	Santa Rosa	87-623	36° 34'	64° 16'	89
48	Viedma	87-719	40° 51'	63° 01'	60
49	San Antonio Oeste	87-784	40° 44'	64° 57'	7
50	San Carlos de Bariloche	87-765	41° 09'	71° 10'	836
51	Neuquén	87-715	38° 57'	68° 08'	270
52	Trelew	87-828	43° 14'	65° 19'	39
53	Esquel	87-803	42° 56'	71° 09'	566
54	Paso de Indios	87-814	43° 49'	68° 53'	460
55	Comodoro Rivadavia	87-860	45° 47'	67° 27'	61
56	Puerto Deseado	87-896	47° 44'	65° 55'	79
57	San Julián	87-909	49° 18'	67° 43'	26
58	Santa Cruz	87-912	50° 01'	68° 34'	111
59	Río Gallegos	87-925	51° 37'	69° 17'	17
60	Lago Argentino	87-903	50° 20'	72° 18'	223
61	Río Grande	87-934	53° 48'	67° 45'	10
62	Puerto Argentino	87-890	51° 41'	57° 42'	21
63	Gritviken	88-903	54° 16'	36° 30'	3
64	Iquique	85-418	20° 13'	70° 09'	8
65	Antofagasta	85-442	23° 26'	70° 28'	119
66	Chañaral	85-460	26° 21'	70° 42'	13
67	La Serena	85-500	29° 54'	71° 15'	132
68	Quintero	85-534	32° 47'	71° 32'	2
69	Curicó	85-629	34° 59'	71° 14'	211
70	Concepción	85-623	36° 50'	73° 03'	10

71	Temuco	85-743	38° 46'	72° 39'	114
72	Puerto Montt	85-801	41° 28'	72° 56'	13
73	Puerto Aysel	85-862	45° 24'	72° 42'	10
74	Punta Arenas	85-934	53° 10'	70° 54'	20
75	Diego Ramírez	85-972	56° 32'	68° 43'	25
76	Juan Fernández	85-585	33° 37'	78° 52'	5
77	Cabo Raper	85-889	46° 50'	75° 35'	40
78	Base Tte. Cámara	88-984	64° 37'	59° 57'	22
79	Base Alte. Brown	88-971	64° 52'	62° 52'	8
80	Base Vcom. Marambio	89-055	64° 14'	56° 43'	198
81	Islas Orcadas	88-968	60° 44'	44° 44'	4

Tabla 2.2:

N	Nombre de la estación	Numeración Internacional	Latitud	Longitud	Altura en metros
82	Tarija	85-364	21° 32'	64° 43'	1875
83	Yacuiba	85-365	22° 01'	63° 43'	643
84	La Quiaca	87-007	22° 06'	65° 36'	3458
85	Rivadavia	87-065	24° 10'	62° 54'	204
86	Ushuaia	87-938	54° 48'	68° 19'	13
87	Rivera	86-350	30° 53'	55° 32'	242
88	Arica	85-	18° 22'	70° 21'	40
89	Chillán	85-672	36° 36'	72° 25'	144
90	La Rufina	85-	34° 43'	70° 43'	735
91	Carmen de Las Rosas	85-	33° 46'	71° 10'	-10
92	Pudahuel	85-	33° 23'	70° 47'	-9.9
93	Riecillos	85-541	32° 57'	70° 22'	1929
94	Hacienda San Augustin	85-	31° 43'	70° 51'	1020
95	Valaparaíso	85-558	33° 01'	71° 39'	41
96	Curitiba	83-842	22° 26'	49° 16'	924
97	San Pablo	83-781	23° 30'	46° 37'	795

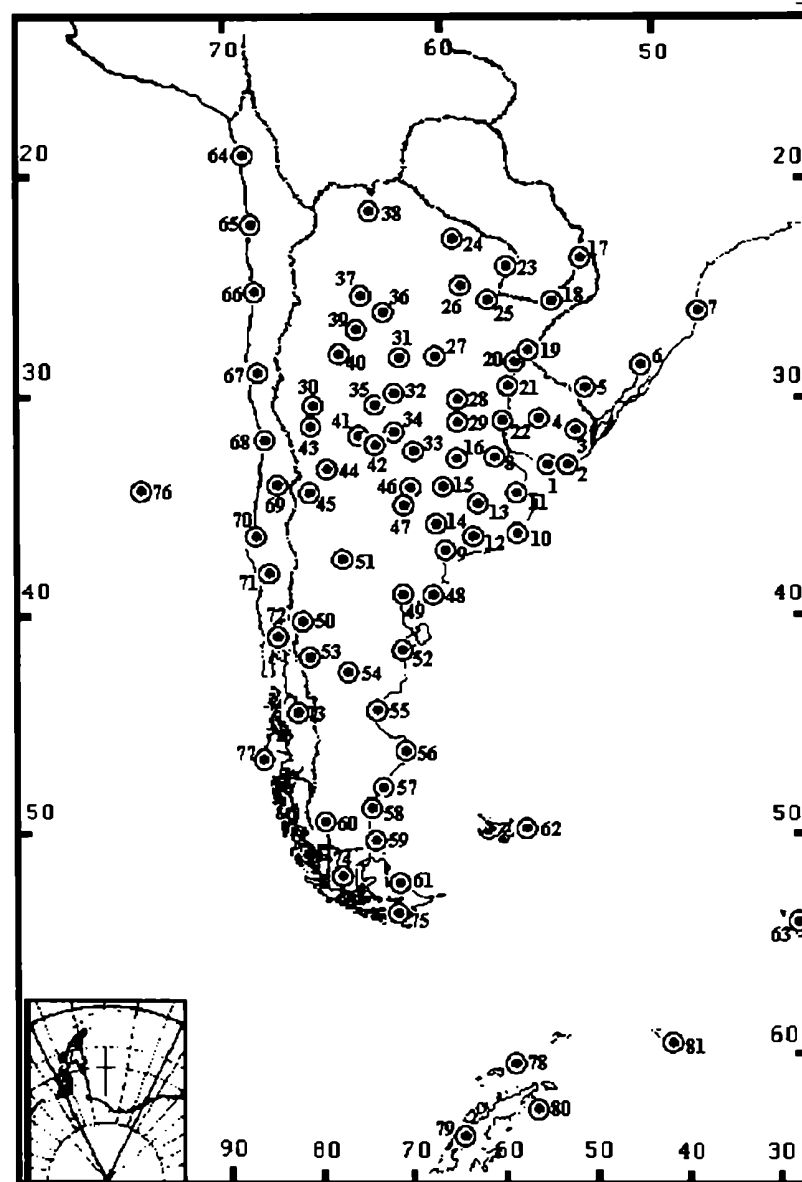


Figura 2.1: Red de estaciones utilizadas para el análisis de los campos diarios de presión de superficie.

BIBLIOGRAFÍA:

Servicio Meteorológico Nacional: Normales Climatológicas 1931-60. Serie 7. Fuerza Aérea Argentina, Comando de Regiones Aéreas.

World Weather Record 1971-80: South and Central America. U.S. Department of commerce. National Climatic Center. U.S.A.

World Meteorological Organization, (1981): Monthly Climatic Data for the World. Department of Commerce, U.S.A.. 34. N° 1-12.

World Meteorological Organization, (1982): Monthly Climatic Data for the World. Department of Commerce, U.S.A.. 35. N° 1-12.

World Meteorological Organization, (1983): Monthly Climatic Data for the World. Department of Commerce, U.S.A.. 36. N° 1-12.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 Introducción, antecedentes y justificación:

El presente trabajo se encuadra en el área de climatología - sinóptica, ya que el objetivo es realizar una clasificación la circulación de la atmósfera para relacionarlas con las anomalías climáticas observadas. Al clasificar los tipos de circulación, se logra reducir la cantidad de variables a tener en cuenta y se pueden considerar solo aquellas que son fundamentales para el objetivo planteado.

Existen en la literatura muchos métodos de clasificación que son usados en climatología sinóptica y se pueden agrupar en:

- * métodos de clasificación subjetiva.
- * métodos de clasificación objetiva.

Los métodos de clasificación subjetiva son los primeros que se utilizaron hacia fines del siglo pasado y principios de este. Estas técnicas dependían pura y exclusivamente de la habilidad del investigador para realizar la clasificación y raramente se podían duplicar los resultados obtenidos.

Con el advenimiento de las computadoras, numerosos métodos objetivos comenzaron a utilizarse y a medida que aumentó la capacidad y disminuyó el tiempo de respuesta de las mismas, estas técnicas de clasificación se volvieron cada vez más sofisticadas. Estos métodos llamados objetivos tienen en general una cuota de subjetividad inherente, pero tiene la ventaja de que los resultados pueden ser reproducidos en forma idéntica y rápidamente. Los métodos objetivos los podemos dividir en:

- basados en correlación.
- basados en autovectores.
- composiciones.
- índices.
- especificaciones.

Dentro de las técnicas que producen mapas tipo basados en la correlación podemos citar las sugeridas por McQuitty (1957), Lund (1963) y Blasing (1975) (también llamados métodos de encadenamiento “linkage” o clasificación “clusters”).

El esquema basado en autovectores fue usado por primera vez en meteorología por Lorenz (1956), variantes de este método son el análisis de Funciones Ortogonales Empíricas (FOE), Análisis de Componentes Principales (ACP) y Análisis de Factores Comunes (AFC).

Las composiciones, son procedimientos mediante los cuales se selecciona un número de mapas que satisfagan un criterio preestablecido y se los promedia, esta es una forma de clasificación donde se busca un tipo de circulación que explique, en promedio, lo que sucede.

Los índices de circulación caracterizan variaciones en la circulación atmosférica a través de una serie de tiempo. La profundidad del significado del índice depende del conocimiento empírico y teórico del investigador, un entendimiento superficial de la circulación atmosférica da como resultado la confección de un índice que refleja escasamente el fenómeno bajo análisis.

Especificación, es una técnica que apunta más a la predicción que al análisis, sin embargo es una técnica de la climatología sinóptica ya que especifica las variables climáticas a través del conocimiento de la circulación atmosférica.

Para el presente trabajo donde el objetivo es obtener los modelos o patrones de los campos diarios de presión de superficie en el área sur de Sudamérica y la varianza asociada por cada uno de los tipos característicos, se ha elegido el método de componentes principales. Esta técnica presenta ventajas sobre las otras metodologías que también tienen como objetivo obtener modelos tipo de la circulación (discutido ampliamente por Compagnucci y Vargas, 1986 y Compagnucci, 1989).

Dentro de esta técnica, existen dos diferentes formas de analizar los campos de presión de superficie definidos a partir de un enrejado dado. Estas son llamadas modo-S y modo-T dependiendo de la forma de descomposición de la matriz de entrada. El modo-S de descomposición, se realiza en el dominio espacial separando grupos de estaciones que varían en forma similar. El modo-T de descomposición, se realiza en el dominio temporal y aísla grupos de campos con similares modelos espaciales. Con el fin de testear ambos modos de descomposición Compagnucci y Ruiz (1992), simulaban diversos flujos atmosféricos básicos, de estructura zonal, meridional y circular, con gradientes hacia arriba y abajo, derecha e izquierda, hacia dentro y hacia afuera respectivamente, determinados mediante un enrejado cuadrado. Se observó mayor sensibilidad en los resultados del modo-T que en el modo-S cuando se varió la frecuencia de

flujos en la muestra, en el caso del modo-T la varianza explicada por los distintos modelos varió al cambiar la frecuencia de aparición de los mismos, mientras que las varianzas explicadas para el modo-S permanecieron prácticamente sin cambio. Cuando se varió la densidad del enrejado por sectores y se mantuvieron constantes las frecuencias de los distintos flujos, se observaron variaciones significativas en la varianza explicada por el modo-S, mientras que en los resultados para el modo-T no se observaron cambios significativos.

Considerando los resultados de Compagnucci y Ruiz (1992) y dado que se desea obtener los tipos espaciales de los campos de presión, evaluar la frecuencia de ocurrencia de los mismos y determinar cambios de forma en los tipos o variaciones de frecuencias entre diferentes períodos, se determinó emplear el modo-T de descomposición de la matriz de datos de entrada, ya que el mismo brinda resultados más sensibles para estos requerimientos.

Luego de seleccionar el modo más apropiado de análisis de CPs, de acuerdo con la mejor representación de los datos en función del objetivo de la investigación, el siguiente paso es determinar que procedimiento de análisis de CPs es el que se utilizará. Richman (1986) discutió las diferentes posibilidades que consisten en las soluciones no-rotadas, las rotadas ortogonalmente y las rotadas oblicuamente. La principal razón expuesta por Richman para considerar la aplicación de procedimientos de rotación es que las soluciones no-rotadas brinden resultados que no permitan aislar modos individuales de variación que tengan significado físico, con lo cual se dificultaría determinar el significado de los resultados obtenidos. Para algunos casos Richman encontró que las soluciones no-rotadas corresponden a una buena respuesta, dando resultados interpretables que no mejoran al aplicar posteriormente métodos de rotación y que no se justifica entonces la aplicación de los mismos.

Por otra parte, los métodos de rotación tienen serios inconvenientes que ponen en desventaja su aplicación frente a las soluciones no-rotadas. La principal desventaja es que los resultados de las CPs, en especial la varianza explicada por cada patrón, depende del número de CPs retenidas (dentro de las soluciones no-rotadas previas) para realizar las soluciones rotadas. El criterio que define cuantas CPs retener parecería ser objetivo, pero como existen numerosas reglas y tests propuestos en este sentido y cada uno de ellos da un número diferente de CPs óptimas a ser retenidas (Richman y otros, 1992), el criterio se vuelve subjetivo pues cada investigador elige el procedimiento conveniente en forma arbitraria.

Otra importante desventaja, es que entre las CPs no retenidas para realizar la rotación pueden encontrarse algunas con un alto significado físico, a pesar de que el test empleado

determine su exclusión. Este caso fue estudiado por Rutan y Smith (1992), quienes observaron que EOFs de alto orden consideradas ruido de acuerdo con el test de North y otros (1982), que es uno de los más empleados por su sólido fundamento matemático, tenían un gran significado físico que explicaba parte del comportamiento del sistema bajo estudio. Por otra parte, si se retienen componentes que no tienen ningún significado físico y que son producto del ruido remanente, al aplicar rotación se pierde la característica de que las componentes de menor orden explican mayor varianza y viceversa, la varianza es redistribuida y parte de la varianza proveniente del “ruido remanente” es acarreada hacia componentes de bajo orden y alto significado físico. A su vez, un porcentaje de varianza de estas componentes pasa a las componentes de menor orden que son producto del “ruido remanente” y carecen de significado físico. Este inconveniente convierte a la varianza explicada por las CPs en un elemento de escaso valor, sobre todo cuando se desea comparar la representatividad de un determinado patrón para diferentes períodos de tiempo analizados separadamente, ya que para el mismo período de tiempo se pueden obtener diferentes resultados de acuerdo con la cantidad de CPs que se retengan. Es así que, las varianzas de las CPs rotadas no permiten determinar anomalías de la circulación debidas a cambios en la frecuencia de ocurrencia de los tipos sinópticos principales.

Las componentes no-rotadas tienen algunas ventajas como la posibilidad de extraer el máximo de varianza para el conjunto de datos, la ortogonalidad entre los modelos y la independencia con respecto al número de CPs que se consideren en la solución para ser analizadas (Richman, 1986).

Según Richman (1986), la principal desventaja de las soluciones no-rotadas es que estas podrían dar resultados que no permitan identificar modos de circulación reales existentes. Sin embargo, Compagnucci y Vargas (1986), utilizando un enrejado irregular en el sur de Sudamérica y aplicando ACPs no-rotadas con matriz de entrada del modo-T, obtuvieron modelos para los campos diarios de presión de superficie del mes de julio para el período 1972-1983, los cuales concordaron con los principales flujos sinópticos conocidos que ocurren sobre el área. Compagnucci (1989) analizó, empleando la misma metodología, los campos de presión de superficie del área considerada previamente por Compagnucci y Vargas (1986) para el período mayo a agosto de 1972 a 1983 obteniendo resultados consistentes.

Dadas las razones arriba presentadas, en este trabajo se realiza la clasificación de los campos diarios de presión de superficie mediante el análisis de Componentes Principales no-

rotadas empleando el modo-T de matriz de entrada que consiste en la correlación de los campos. Esta técnica de CPs permite obtener dos conjuntos de resultados que son aquí analizados. Uno formado por las componentes de puntaje (component scores) también llamadas Componentes Principales, que forman una base ortogonal. Cada una de ellas configura una estructura espacial, mapa tipo o modelo. El otro conjunto esta formado por las componentes de carga (component loading) que son series de tiempo, cada una de las cuales corresponde a la correlación entre una componente principal o patrón y cada una de las variables originales o campos de presión incluidos en la muestra analizada.

3.2 Componentes Principales - formulación matemática-

La formulación matemática que aquí se presenta puede hallarse en forma más estensa en Green (1978).

En el modo-T las variables (matemáticamente hablando) son los días y las observaciones son las estaciones.

La matriz de datos de entrada A se normaliza en forma espacial, esto es:

$$E_j = \sum_{i=1}^m E_{ij} / m$$

E_j : promedio espacial, valor medio de la presión para el día j.

E_{ij} : dato de presión correspondiente al día j y a la estación i.

m: número de estaciones (81).

n: número de campos de presión (días).

$$\sigma_j = [\sum_{i=1}^m (E_{ij} - E_j)^2 / (m-1)]^{1/2}$$

σ_j : desvío estándar de los valores de presión para el día j.

$$A_N = (E_{ij} - E_j) / \sigma_j$$

A_N : matriz de entrada de los datos estandarizada (mxn).

La matriz de correlación entre las variables (R), se puede expresar como:

$$(1) \quad R = A'_N A_N / (m-1)$$

A'_N : matriz transpuesta de A_N (n x m).

R: matriz de correlación.

La resolución de la ecuación característica de matriz de correlación (R), permite hallar los autovalores λ del sistema definido por R. Esta ecuación es:

$$(2) \quad |R - \lambda I| = 0$$

Siendo I la matriz identidad y λ los autovalores.

Si existen soluciones no triviales a esta ecuación (autovalores λ no nulos), se puede obtener la matriz de autovectores asociados a los autovalores no nulos resolviendo:

$$(3) \quad R X_j = \lambda_j X_j \quad \text{ó} \quad (R - \lambda_j I) X_j = 0$$

X_j : autovectores de dimensión m.

Una propiedad de los autovectores es que al ser multiplicados por un valor arbitrario (k) estos nuevos autovectores son también solución de la ecuación (3). En caso de que el valor k sea igual a -1 el inverso del autovector también es solución y a esto se lo denomina propiedad de flip-flop de los autovectores.

Los autovectores forman las columnas de la matriz X de dimensión n x n, que cumple

$$(4) \quad X X^{-1} = X^{-1} X = I$$

esto significa que la matriz inversa X^{-1} de la matriz de autovectores es igual a la matriz transpuesta X' de los mismos, debido a que R es una matriz cuadrada y simétrica. Por lo tanto X es una matriz ortogonal.

Es posible, entonces, expresar la matriz de correlación (R) como:

$$(5) \quad R = X D X'$$

D: matriz diagonal, formada por los autovalores (λ) en la diagonal y cero fuera de la misma.

A la ecuación (5) se la conoce comúnmente como matriz de descomposición de R en sus valores singulares.

Esta descomposición permite obtener las componentes de puntaje (component scores), que se expresan como el producto entre la matriz de datos estandarizada por la matriz de autovectores:

$$(6) \quad Z = A_N X$$

Z: matriz de los componentes de puntaje de dimensión $m \times n$.

Es importante para el objetivo de este trabajo que la matriz de componentes de puntaje tenga una escala tal que las varianzas correspondientes a cada una de ellas sea unitaria, mediante la siguiente transformación se obtienen los componentes de puntaje de varianza unitaria (Z_N),

$$(7) \quad Z_N = A_N X D^{-1/2}$$

Z_N : matriz de los componentes de puntaje Z_N (component scores), en la que cada columna corresponde a una componente principal que conforma el correspondiente modelo tipo.

A partir de la ecuación de descomposición (3), se obtienen también los componentes de carga (component loadings) que en el modo-T conforman una serie de tiempo y que representan la relación entre las variables originales normalizadas y las componente principales.

$$(8) \quad F = X D^{1/2}$$

F: componentes de carga (component loading), donde cada una de las columnas corresponde a un factor o serie de tiempo.

D: matriz en cuya diagonal se encuentran los autovalores (λ).

La varianza explicada por cada CP se calcula mediante los valores de los autovalores de acuerdo con:

$$\%Var (CP_j) = (\lambda_j / \sum_{i=1}^n \lambda_i) 100$$

n: número de variables.

Como la suma de los cuadrados de los componentes de carga de cada componente es igual a su autovalor ($\lambda_j = \sum_{i=1}^n f_{ij}^2$), es posible separar en la varianza explicada por los componentes de carga positivos y negativos.

$$\%Var (CP_j) = (\sum f_{jh2}(+) / \sum_{j=1}^N \lambda_j) 100 + (\sum f_{jh}^2 (-) / \sum_{j=1}^N \lambda_j) 100$$

$f_{jh}(+)$: componentes de carga positivos para la componente j del día h.

$f_{jh}(-)$: componentes de carga negativos para la componente j del día h.

o lo que es igual

$$\%Var (CP_j) = (\sum f_{jh2}(+) / N) 100 + (\sum f_{jh}^2 (-) / N) 100$$

N: número de variables.

dado que $\sum_{j=1}^N \lambda_j = N$

Se puede distinguir el porcentaje de varianza explicado por cada una de las posibilidades de las CPs, el modelo tipo o su inverso. El modelo tipo correspondiente al campo dado por las CPs y su inverso correspondiente al campo multiplicado por -1. Las varianzas explicadas por los tipos están determinadas por los valores de las componentes de carga positivos de esa CP, denominados $F_{jh}(+)$ (o sea, correspondientes a correlaciones positivas con los campos reales de presión de la muestra); y las varianzas explicadas por el modelo inverso están determinadas por los valores negativos de las componentes de carga ($f_{jh}(-)$).

Se puede reconstruir la matriz normalizada de datos originales multiplicando la matriz de varianza unitaria de los componentes de puntaje y la matriz de componentes de carga transpuesta.

$$\begin{aligned} A_N &= Z_N F' = A_N X D^{-1/2} (X D^{1/2})' \\ &= A_N X D^{-1/2} D^{1/2} X' \\ &= A_N \end{aligned}$$

De esta forma es posible reconstruir los campos diarios de presión de superficie normalizados como la combinación lineal de los modelos ortonormales dados por componentes de puntaje normalizados (Z_N) y donde los coeficientes están dados por los componentes de carga.

Entonces el campo bórico correspondiente al día j cuando se retienen todas las componentes puede expresarse como:

$$A_N(j) = f_{j1} z_{N1} + f_{j2} z_{N2} + \dots + f_{ji} z_{Ni} + \dots + f_{jn} z_{Nn}$$

donde z_{Ni} son las columnas i de las componentes de puntaje normalizadas.

f_j son las componente de carga correspondientes a la variable j -ésima.

Si el número de componentes significativas w ($w < n$, donde n es el número de variables), $A_N(j)$ se expresa como la combinación lineal de las w -componentes significativas.

$$A_N(j) = f_{j1} z_{N1} + f_{j2} z_{N2} + \dots + f_{jn} z_{Nw}$$

Debido a que el análisis por componentes principales tiene la ventaja de disponer los autovectores en orden de varianza decreciente, las primeras componentes principales explican la mayor parte de la varianza total, siendo las de mayor orden las que expresan 'ruido'.

Es importante distinguir a partir de que componente la información es al azar, para reducir el número de componentes y considerar solo aquellas que aportan información relevante. Para determinar las componentes que son significativas se han propuesto muchos métodos y reglas, pero ninguno de ellos se permite establecer en forma fehaciente la cantidad de componentes a retener, como es posible deducir de trabajo de Richman y otros (1992) que aplican los distintos métodos que tradicionalmente se utilizan en las ciencias naturales a un conjunto de datos. Los resultados obtenidos varían significativamente, llegando a la conclusión que *"En ausencia de una base dinámica, los test para autovalores no son suficientes para determinar en forma confiada la dimensión del espacio de las Componentes Principales de los datos reales"*.

En el presente trabajo se emplean las siguientes reglas para determinar el número de componente significativas. Estos métodos son:

- Diagrama de LEV (Log EigenValue vs eigenvector number), propuesto por Craddock y Flood (1969). Este método se basa en graficar el logaritmo en base 10 del autovalor en función del orden del autovector. Aquellos puntos del gráfico que tiene una buena aproximación a una línea recta representan a las componentes cuya información es solo debido al ruido.

Farmer (1971), trató analizar el valor de diagnóstico del diagrama de LEV para determinar el número de CPs a retener, mediante la realización de experiencias con diferentes conjuntos de datos:

- 1- números generados completamente al azar,
- 2- superponiendo a los números al azar campos específicos (ejemplo la función seno),
- 3- superponiendo a los números al azar modelos ortogonales,

Los resultados mostraron para el caso 1 que los puntos tienen un buen ajuste a una recta. El caso 2 se observó que el primer autovector explicó este fenómeno con mayor porcentaje de varianza y en el diagrama de LEV se observó que este punto escapó claramente de la recta que ajusta al resto de los puntos. El caso 3, se observó que los primeros autovectores representan cada uno a un modelo, los puntos correspondientes a estos estuvieron sobre el nivel de la recta, mientras que el restos se alinean..

- Componentes Principales cuyos autovalores que son mayores que uno (Kaiser, 1958). Este método se basa en que la suma del cuadrado de los componentes de carga de cada componente es igual a su autovalor ($\lambda_j = \sum_{i=1}^n f_{ij}^2$). Entonces, tener autovalores mayores que uno implica que existe relación significativamente no nula entre la CP correspondiente y algún campo básico de la muestra.

3.3 Análisis Espectral:

Con el fin de determinar los ciclos y cuasiciclos presentes en las series de tiempo dadas por los componentes de carga, se aplicó a las mismas análisis espectral de Tukey con ventana de Parzen (según Jenkins y Watts, 1968).

$$R(f) = 2 \left\{ 1 + 2 \sum_{k=1}^{l-1} r(k) w(k) \cos(2\pi f k) \right\} \quad 0 \leq f \leq \frac{1}{2}$$

k: lag o desfase.

l: lag máximo o punto de truncado.

r(k): coeficiente de correlación seriado para cada desfase.

w(k): ventana espectral, correspondiente a ventana de Parzen.

$$w(k) = \begin{cases} 1 - 6 (k/l)^2 + 6 (k/l)^3 & 0 \leq k \leq \frac{1}{2} \\ 2 (1 - k/l)^2 & \frac{1}{2} \leq k \leq 1 \end{cases}$$

En todos los casos se tomo $l \leq n/3$, siendo n el número de días.

3.4 Anomalías:

Las anomalías se determinan calculando la diferencia entre el valor medio de la variable (en el caso de la presión y la temperatura) ó el valor total (en el caso de la precipitación) y el valor climático considerado como referencia (1931-1960).

$$A_n = (A_{ij} - A_{ej})_i$$

A_{ij} : valor medio o total de la variable j en la estación i

A_{ej} : valor climático de referencia para la variable j de la estación i.

BIBLIOGRAFÍA:

Blasing, T.A. (1975): A comparison of map-pattern correlation and principal component eigenvercot methods for analyzing climatic anomaly patterns. American Meteorological Society, Preprints of the 5th Conference on Probabylity and Statistics". 96-101.

Compagnucci, R.H. (1989): Climatología sinóptica de las precipitaciones en Cuyo. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencia Exactas y Naturales. UBA.. 238 págs.

Compagnucci, R.H. y Ruiz, N. (1992): On the interpretation of Principal Component Analysis as applied to Meteorological Data. 5th Internaltional Conference on Statistical Climatology. Toronto, Canada. 241-244.

Compagnucci, R.H. y Vargas, M.W. (1986): Patterns of surface pressure field durnig July 1972 to 1983 in Southern South America and Antartic Peninsula. Comunicación del "3th International Conference on Statistical Climatology". Viena, Austria.

Farmer, G. (1971): An investigation into the results of Principal Component Analysis of data derived from random numbers. The Statitician, 20. 63-72

Green, (1978): Analyzing multivariate data. The Dryden Press, Illinois, U.S.A.. 519 págs.

Jenkins y Watts, (1968): Spectral analysis and its applications. Holden-Day Press, San Francisco, U.S.A.. 552 págs.

Lorenz, E. (1956): Empirical orthogonal functions and statistical weather prediction. Scientific report N°1: "Statistical Forecasting Proyect".

Lund, I. (1963): Map-pattern classification by statistical methods. Journal of Applied Meteorology, 2. 56-65.

McQuitty, L. (1957): Elementary linkage analysis for isolating orthogonal and oblique types and typical relevancies. Educational and Psychological Measurement, N°17. 207-229.

North, G., Bell, T.L., Cahalan, R.F. y Moeng, F.J. (1982): Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal functions. *Monthly Weather Review*, 110. 699-706.

Richman, M. (1986): Rotation of Principal Components. *Journal of Climatology*, 6. 293-335.

Richman, M; Angel, J. y Gong, X. (1992): Determination of dimensionality in eigenanalysis. 5th International Meeting on Statistical Climatology. Toronto, Canada. 229-235.

Rutan y Smith (1992): Significance (test) of EOFs for geophysical fields. 12th Conference on Probability and Statistics in the Atmospheric Science. Toronto, Canada. 288-293.

CAPÍTULO 4:

COMPORTAMIENTO DE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA PARA EL CICLO ANUAL

4.1 Introducción y antecedentes:

Uno de los parámetros más utilizados en meteorología son los campos de presión de superficie. Se conoce como varían los campos medios de presión de superficie a través del ciclo anual. Durante el verano del HS los sistemas de presión (explicados en la introducción) se desplazan hacia el sur, los Anticiclones semipermanentes tienen un desplazamiento longitudinal hacia el este y la presión sobre los continentes en las regiones subtropicales es menor durante los veranos (van Loon y otros, 1972).

Aunque a través del conocimiento de las características medias de la atmósfera se lograron comprender muchos procesos, es importante también, conocer como son las principales situaciones sinópticas, su frecuencia, variabilidad y distribución en los distintos meses del ciclo anual a fin de poder determinar cambios en la circulación atmosférica.

En este sentido, desde el siglo pasado se han desarrollado esfuerzos como el trabajo de Van Bebber y Köppen (1895) que es uno de los primeros antecedentes registrados. Ellos clasificaron los mapas diarios de presión de superficie para el Océano Atlántico Norte y oeste de Europa. A partir de los años 60, disponiendo de métodos objetivos de clasificación y de computadoras se han desarrollado gran número de trabajos.

El primer antecedente para el área de estudio es el trabajo de Defina y Sabella (1958), quienes intentaron tipificar las cartas del tiempo por medio de un índice generado a través de los valores de presión de superficie de varias estaciones de la República Argentina. El objetivo fue utilizar la clasificación para el pronóstico semi-objetivo de la precipitación. Lloret y Necco (1982) clasificaron mediante funciones ortogonales empíricas los mapas diarios de presión de superficie del año 1968, dando la frecuencia de los patrones para los distintos meses del año, asociándolos a los campos térmicos. Compagnucci (1989) clasificó los campos de presión de superficie de invierno mediante Componentes Principales y los asoció a la precipitación en la

Cordillera de los Andes. Minetti y Sierra (1989) tipificaron los campos de presión a través del método de Lund y los relacionaron a la ocurrencia de extremos de precipitación en la región de los Andes Cuyanos. Rusticucci y Vargas (1995) tipificaron los campos de presión de superficie asociados a olas de calor y de frío mediante el método de Lund.

Otros investigadores describieron algunos sistemas característicos del sur de Sudamérica. Lichtenstein (1980), estudió las características de la baja termo - orográfica - dinámica del NO Argentino. Necco (1982 a, b) analizó los vórtices ciclónicos (generación, desarrollo y trayectoria) en el sur de Sudamérica. Rivero y Ereño(1978) estudiaron las ciclogénesis, distribución y movimiento de las depresiones y la densidad de pasajes frontales sobre los océanos Atlántico y Pacífico al sur de 20°S. Norte (1988) estudió las condiciones sinóptica asociadas a la ocurrencia del viento Zonda en la región de Cuyo.

Rutland y Fuenzalida (1991) estudiaron los aspectos sinópticos de la precipitación en la región central de Chile asociada a los eventos cálidos (anomalías positivas de precipitación) y eventos fríos que corresponden a situaciones de sequía.

Sin embargo, a pesar de todos los esfuerzos realizados hasta el momento para el sur de Sudamérica no se cuenta con un catálogo de las situaciones sinópticas tipo y su frecuencia de ocurrencia. Por ello, en esta primera parte del trabajo se realiza la clasificación de los campos diarios de presión de superficie mediante el análisis de componentes principales, para cada uno de los meses del año, a fin de obtener las características climático-sinópticas de la región. Se espera que el estudio mensual basado en doce años de información, tenga la suficiente representatividad como para servir de base al análisis de las fluctuaciones y se convierta en una referencia cuantitativa para determinar las anomalías de la circulación.

4.2 Resultado del Análisis de Componentes Principales en las Muestras Mensuales correspondientes al ciclo anual:

Los doce grupos de datos, cada uno correspondiente a un mes del ciclo anual, son analizados separadamente mediante componentes principales no-rotadas con matriz de entrada del modo-T (ver capítulo 3: metodología).

A partir de los autovalores resultantes del análisis de cada muestra mensual se realizan los diagramas de LEV, a fin de determinar el número de componentes significativamente diferentes de las producidas por información azarosa. Los diagramas de LEV se muestran en la Figura 4.1,

donde las seis primeras CPs son resaltadas mediante círculos llenos. Ellas escapan claramente de la cola izquierda formada por los puntos alineados correspondientes a las CPs sin significado físico. Por otra parte el test de Kaiser (1958), indica como diferentes del ruido a las CPs con autovalores mayores o iguales a uno (ver capítulo 3: metodología), estas CPs son aquellas que en los diagramas de LEV de la Figura 4.1 tienen valores de logaritmo de autovalor mayores que cero. Las seis primeras CPs también cumplen ampliamente este requisito, por ello se puede considerar que aportan información significativamente diferente del ruido.

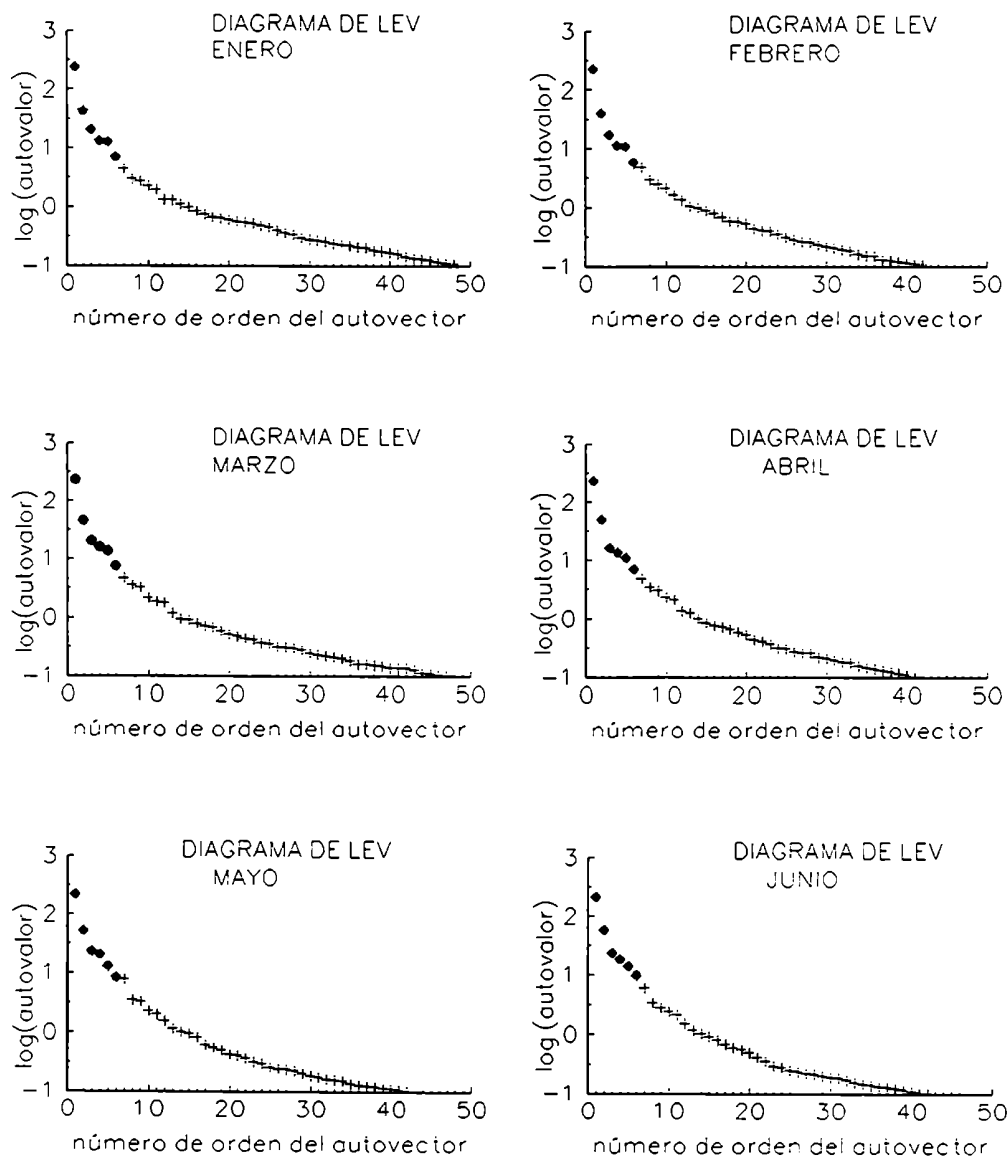


Figura 4.1: Diagramas de LEV para el primer semestre del año.

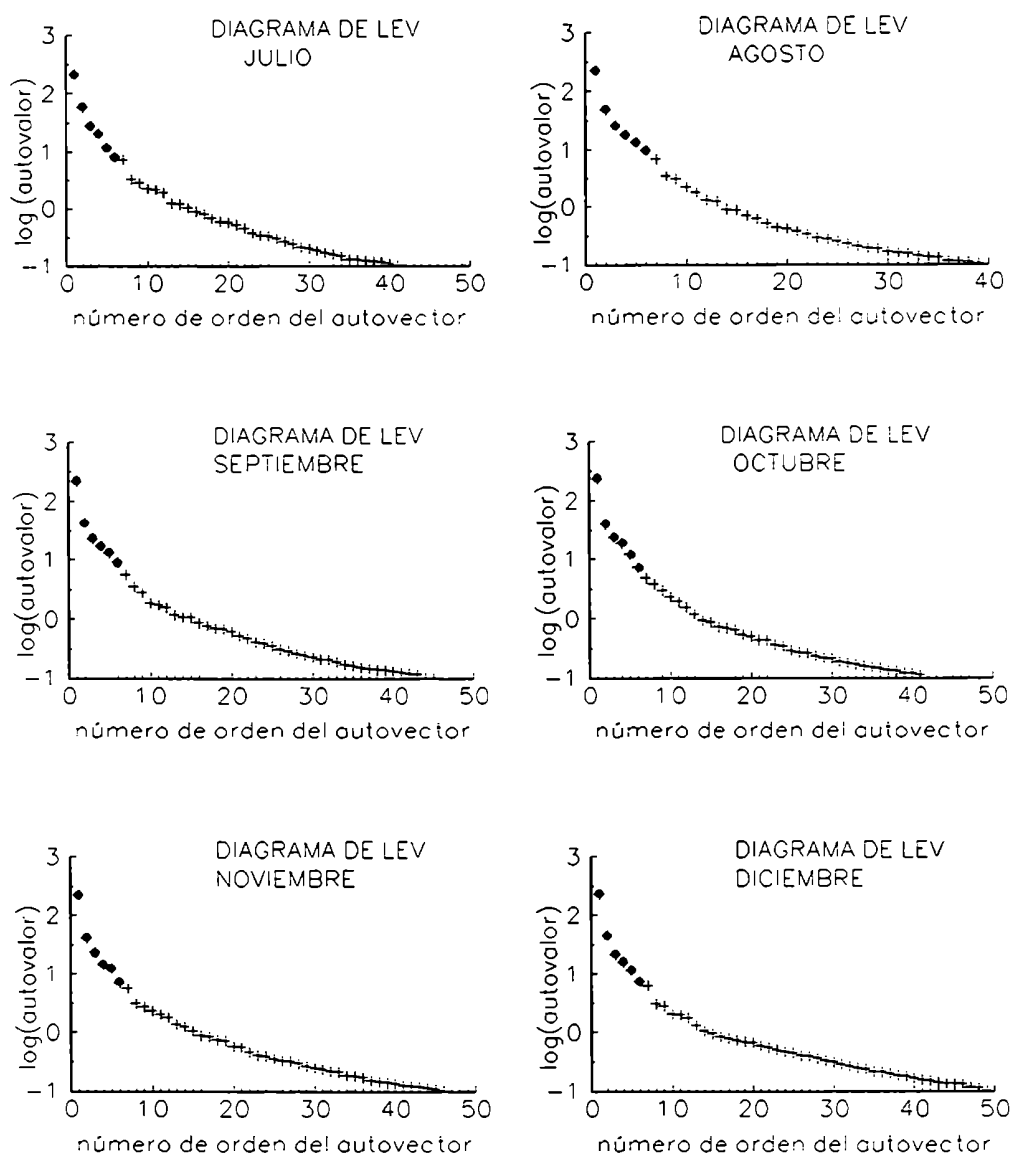


Figura 4.1 (continuación): Diagramas de LEV para el segundo semestre del año.

Por otra parte, para las doce muestras analizadas, estas primeras CPs explican más del 90% de la varianza, como puede verse en el Tabla 4.1, lo que garantiza que son suficientes para representar adecuadamente los principales modos de los campos de presión que ocurren en el área de estudio. Por ello solo se presentan aquí los resultados obtenidos para las seis primeras CPs.

Notablemente, los modelos dados por estas CPs, obtenidos graficando las componentes de puntaje, presentan los mismos rasgos generales en cada una de las muestras mensuales. Solo se

observan diferencias intermensuales de las formas principalmente debido al corrimiento de los sistemas hacia el sur en el invierno (Figuras 4.2 a 4.13).

Los modelos son llamados A a F de acuerdo con el orden decreciente de varianza explicada por las CPs. En la Tabla 4.1 se presentan las varianzas explicadas por estos modelos para cada uno de los meses del ciclo anual.

Las estructuras espaciales de cada CPs pueden ser interpretadas como dos posibles campos diferentes. La fase positiva, en la que el campo del modelo tiene el mismo signo que la de la estructura de la CPs, al que se le da el nombre de “tipo” y la fase negativa, en la que el modelo tiene el signo inverso a la estructura de la CP y que llamaremos “inverso”. Ambos tienen la misma forma pero de signo contrario y corresponden a dos posibles situaciones sinópticas. Los campos de presión de la muestra tienen estructura espacial del mismo signo que el modelo o “tipo” cuando las componentes de puntaje (component loadings) son positivas, es decir altas presiones en áreas con valores positivos del modelo (isolineas llenas en las Figuras 4.2 a 4.13) y bajas presiones en áreas con valores negativos (isolineas punteadas en las Figuras 4.2 a 4.13).

En los casos (días) para los cuales las componentes de peso son negativas, los campos de presión tienen estructura espacial con signo inverso al del modelo (es decir, bajas presiones en áreas con valores positivos y altas presiones en áreas con valores negativos).

MODELO A: Para todos los meses corresponde a la 1^oCP y explica más de la mitad de la varianza total (Tabla 4.1).

La situación asociada al modelo tipo (bajas presiones para valores negativos) representa flujo zonal del oeste aproximadamente al sur de 40°S donde navegan perturbaciones de poca amplitud y mayor frecuencia que las representada por los modelos siguientes. Anticiclones semipermanentes están localizados al norte de 40°S sobre los Océanos Atlántico y Pacífico en las costas este y oeste respectivamente. Este sistema tiene un corrimiento hacia el Polo en verano de aproximadamente 5° y hacia el Ecuador en invierno. A su vez el anticiclón del Pacífico es más pronunciado en verano, mostrando mayor corrimiento hacia altas latitudes que el del Atlántico. Minetti y Vargas (1983) obtuvieron similar resultado con respecto al comportamiento de los anticiclones semipermanentes utilizando datos del período 1941-1980 de estaciones localizadas en las costas de los Océanos Atlántico y Pacífico.

Otra forma emergente de este modelo es la depresión termo-orográfica del Noroeste de Argentina. Esta se distingue más en verano, aparece como un centro cerrado en aproximadamente 30°S, en invierno solo figura como una vaguada entre los anticiclones semipermanentes disminuyendo el gradiente entre Argentina y Chile. El resultado está de acuerdo con la descripción del comportamiento del sistema de baja termo-orográfica a través del ciclo anual descrito por Lichtenstein (1980).

La estructura dada por el modelo tiene marcada similitud con el campo medio de presión de superficie (ver van Loon y otros, 1972). La foto correspondiente al análisis sinóptico del SMN para el día 2 de mayo de 1976, representa una situación de este tipo (foto 1, página 47).

La persistencia de estas situaciones sinópticas fueron la causa en las épocas de los barcos a vela que tuvieron que esperar durante varios días y aún semanas para poder atravesar el Pasaje Drake.

Este tipo sinóptico es el más frecuente y su persistencia permite la advección de aire cálido y húmedo sobre el sector Noreste de Argentina, Uruguay y sur de Brasil, debido a la influencia del flujo del Norte y Noroeste del borde occidental del anticiclón semipermanente del Atlántico. Este patrón de flujo corresponde a un alto índice de circulación zonal y la estructura horizontal de la onda representada por esta CP es barotrópica (van Loon, 1973) aunque los oestes, por supuesto, son baroclínicos.

La varianza explicada por esta situación tipo muestra oscilación estacional (ver Figura 4.14), con dos máximos que alcanzan picos de 66.6% en febrero y otro de 64.3 en octubre. En invierno la varianza explicada es menor, siendo el mínimo de 56.3% en julio. Estos resultados indican mayor componente zonal del flujo en verano y menor en invierno. Por ello, la varianza remanente que es explicada por patrones de flujo de gran componente meridional es mayor en invierno y menor en verano como se verá más adelante.

La situación inversa (modelo con altas presiones en el área de valores negativos (isolineas a trazos)) representaría el caso con flujo zonal del este sobre la Patagonia y bajas sobre el Océano Pacífico al norte de 40°S. Este flujo no existe como situación sinóptica real, como puede verse reflejado en la varianza explicada por este caso (ver Tabla 4.1) siendo casi nula para todos los meses tiene como valor máximo 0.6 en julio.

Las situaciones sinópticas asociadas a los modelos restantes, presentan un mayor componente meridional del flujo y se pueden considerar como perturbaciones al flujo básico.

MODELO B: Corresponde en todos los casos a la 2° CP (figuras 4.2 a 4.13) y el sistema relevante es una perturbación centrada en la zona sur de la Patagonia.

Durante el invierno, este centro se localiza entre 44°S y 52°S y su influencia se extiende hasta los 20°s aproximadamente. En este caso, el efecto de la Cordillera de los Andes sobre el flujo puede verse al norte de 38°S donde las cumbres alcanzan los 5000-6000 metros de altura. El efecto Bernoulli generado por la Cordillera de los Andes se refleja en una perturbación de la presión sobre el norte y centro de Chile con una perturbación de signo contrario y un fuerte gradiente al oeste de la cordillera. En el verano, al estar la perturbación corrida hacia el sur este efecto sobre el flujo es mucho menos evidente.

La situación tipo corresponde a un anticiclón post-frontal centrado en la Patagonia que provoca advección de aire frío y seco sobre el continente. Durante el invierno, este anticiclón puede alcanzar valores en su centro entre 1035 y 1040 hpa y el aire advechado tiene características polares (muy frío y extremadamente seco) llegando a producir heladas en grandes zonas de la Argentina, Uruguay y sur de Brasil. En el verano, las características de esta situación no son tan extremas y el anticiclón puede alcanzar entre 1020 y 1025 hpa. Situaciones sinópticas correspondientes a este tipo están ejemplificadas por la foto del mapa de SMN correspondiente al día 16 de julio de 1975 (Foto 2, página 47).

En el caso inverso la situación sinóptica se puede asociar a un sistema de bajas presiones centrado al sur de la Patagonia, posiblemente asociado a un sistema frontal. Esta es la situación ejemplificada por el mapa sinóptico del día 18 de julio de 1978 (Foto 3, página 47).

La varianza explicada por el modelo tipo, presenta una oscilación estacional con dos máximos, uno en junio (9.4%) y otro menor en diciembre (7.4%) y con valores mínimos en los meses de transición (figura 4.14).

La varianza explicada por el modelo inverso, presenta un máximo en el mes de julio (7.7%) y valores mínimos entre noviembre y febrero. Esto parece indicar baja frecuencia o intensidad de las depresiones y sistemas frontales entre los 40°S y 55°S durante los meses de verano, como fue notado por Necco (1982 b) que encontró mayor frecuencia de sistemas de baja presión y frentes fríos al sur de 40°S durante el invierno y la primavera.

En todas las muestras, la varianza explicada por el modelo B tipo (centro de alta presión ubicado en el sur de la Patagonia), explica mayor porcentaje de varianza que el caso inverso.

Para los dos modelos precedente, la diferencia intermensual de varianza explicada es tal que el orden de estas CPs permanece invariante a través del ciclo anual, no ocurre lo mismo con los siguientes modelos.

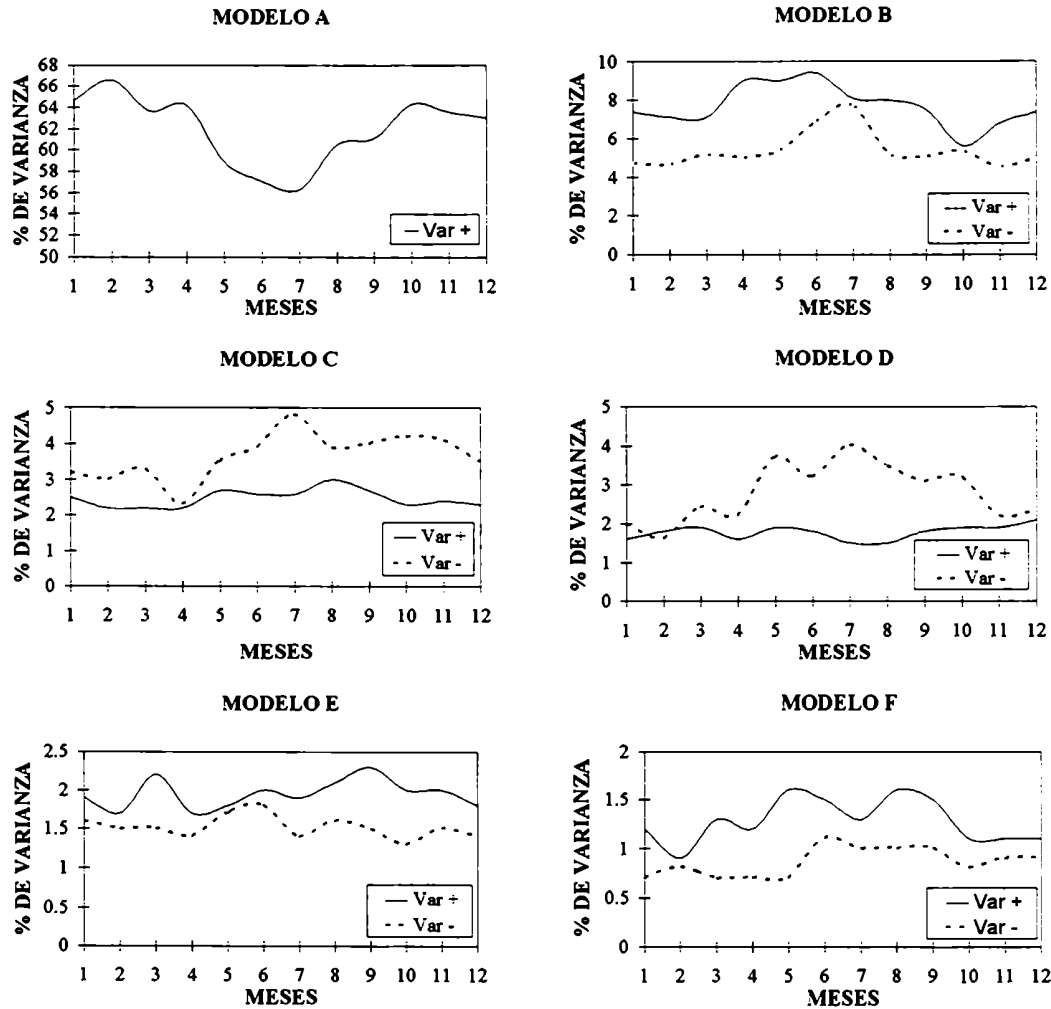


Figura 4.14: Porcentaje de varianza explicado por las 6 primeras Componentes Principales discriminados en varianza positiva y negativa.

MODELO C: Corresponde a la 3° CP salvo en el mes de mayo para el cual el modelo está dado por la 4° CP.

La forma relevante en la estructura del modelo es una perturbación cuyo eje está orientado en dirección NNW-SSE, desde el NW argentino al Océano Atlántico Sur, conjuntamente con un fuerte gradiente al oeste del continente sobre el límite entre Chile y Argentina. El modelo muestra

corrimiento estacional hacia el este en invierno localizándose la perturbación sobre Uruguay y NE de Argentina.

La situación tipo se asimila a un sistema anticiclónico post-frontal con fuerte advección meridional del Norte en la parte oeste del continente. La varianza explicada por el modelo C tipo, muestra una pequeña fluctuación a través del año (figura 4.14) con valores máximos durante el invierno (junio a septiembre), de lo que se infiere que la frecuencia de esta situación sinóptica es similar a través del año.

La situación inversa corresponde a un sistema de baja presión, que podría estar asociado a un frente, afectando el continente hasta 20°S aproximadamente. Exhibe además un fuerte flujo meridional del sur que afecta Chile y el oeste de la República Argentina. A su vez el corrimiento hacia el este que presenta este modelo durante el invierno que ubica la perturbación sobre el NE de Argentina y Uruguay. Necco (1982a) y Gan y Rao (1991) encontraron mayor frecuencia de situaciones con depresiones, ciclogénesis y sistemas frontales al norte de 35°S durante el invierno y los meses de transición y la localización del área de ciclogénesis sobre la zona de esta depresión en el modelo.

Ejemplos de situaciones sinópticas correspondientes al tipo C y a su inverso son los mapas del día 6 de julio de 1978 y 26 de julio de 1980 respectivamente (ver Fotos 4 y 5, página 48).

MODELO D: Dado por la 4°CP excepto para mayo que corresponde a la 3°CP. Este modelo presenta sistemas de perturbaciones de distinto signo, cuyos ejes están orientados SW-NE (figuras 4.2 y 4.3).

El modelo tipo puede interpretarse como la situación posterior al pasaje de un sistema frontal con alta presión al norte de 40°S y baja presión en Tierra del Fuego. Esta situación también provoca advección de aire frío y seco hacia el continente pero representa condiciones menos rigurosas que las asociadas al modelo B. La varianza explicada muestra poca variabilidad a través del ciclo anual (figura 4.14).

La situación inversa representa un sistema de baja presión sobre el NW de la Argentina que se puede asociar a la profundización de la baja termo-orográfica-dinámica forzada por el pasaje de un sistema frontal sobre el área. Esta depresión está conectada con otras dos depresiones, una ubicada al norte de la Patagonia y otra sobre el Océano Atlántico Sur y con un sistema de alta presión con dirección SW-NE formando un collado. La varianza explicada por esta situación muestra altos valores en el invierno y un mínimo en febrero (figura 4.14), en general

la varianza para esta situación presenta valores mayores que para el modelo tipo. Esta situación sinóptica fue descrita por Rutllant y Fuenzalida (1991) como la condición que produjo las precipitación sobre lo normal en Santiago de Chile durante los inviernos correspondientes a eventos cálidos entre 1972 y 1982. Compagnucci (1992) encontró que este tipo sinóptico se presentan todos los inviernos, aunque puede ser más frecuente durante los inviernos de eventos cálidos ya que en ellos tiende a explicar mayor varianza.

Ejemplos de situaciones sinópticas correspondientes al modelo D y a su inverso se presentan en los mapas de los días 30 de agosto de 1972 y 25 de julio de 1980 en las Fotos 6 y 7 respectivamente (página 48).

MODELO E: En todos los meses corresponde a la 5°CP en todos los casos. Es el modelo que presenta mayor variabilidad intermensual en la formas, sin embargo como es posible ver en las Figuras 4.2 a 4.13 sus rasgos característicos característicos se mantienen a través del ciclo anual. Las situaciones sinópticas asociadas con este modelo son las que presentan como rasgo fundamental una perturbación madura en el sector SE del área.

Situaciones asociadas a este tipo son las que presentan como rasgo fundamental una perturbación madura de alta presión en el caso del modelo tipo o una baja muy profunda en el caso inverso.

Tanto en una situación como en la otra la varianza explicada es menor al 2.3% para cualquiera de los meses del año (Tabla 4.1, Figura 4.2 a 4.13). Esta relativamente baja varianza explicada sugiere que situaciones sinópticas con estas características son muy poco frecuentes.

Entre los ejemplos podemos señalar los día 21 de junio de 1981 correspondiente al tipo y el día 27 de junio de 1983 correspondiente al inverso en las Fotos 8 y 9 (página 49).

MODELO F: Corresponde en todos los casos a la 6°CP. Este modelo es muy similar al modelo E, pero con su fase corrida hacia el oeste. La perturbación esta centrada aproximadamente en 45°S y 50°W. La característica sinóptica fundamental de esta situación es una perturbación madura con alta presión en el caso del modelo tipo y una baja profunda en el caso del inverso. La influencia del sistema cubre la parte del Atlántico Sur estudiada. La varianza explicada por el modelo tipo es mayor que la del inverso en todos los meses (figura 4.14), sin embargo cabe destacar que sólo en invierno algunas situaciones sinópticas están representadas por este modelo. La poca varianza explicada por el modelo en especial para el inverso indican que se presenta solo en raras ocasiones.

Entre los ejemplos podemos señalar los día 28 de mayo de 1976 correspondiente al tipo y el día 19 de mayo de 1977 correspondiente al inverso en las Fotos 10 y 11 (página 49).

Como se ha visto, la varianza explicada por el modelo A tiene un mínimo durante los meses de invierno (desde abril a septiembre), mientras que el resto de los modelos retenidos explican varianzas mayores durante los meses de invierno (figuras 4.14 y 4.15). Mientras que la estructura del flujo representada por el modelo A corresponde a altos valores del índice de circulación zonal, los restantes modelos (B a F) representan alto índice de circulación meridional y corresponden a las principales perturbaciones del flujo básico. Según van Loon (1979) los mecanismos de transporte de calor del Ecuador al Polo en el HS están dominados por las componentes transientes. En invierno el gradiente latitudinal de temperatura es mayor necesitándose mayor transporte de calor hacia el Polo. Los resultados obtenidos aquí son coherentes con lo antedicho ya que, la varianza explicada por la 1^oCP es mínima en invierno compensándose con mayor varianza explicada por los modelos que representan flujo meridional y perturbaciones transientes.

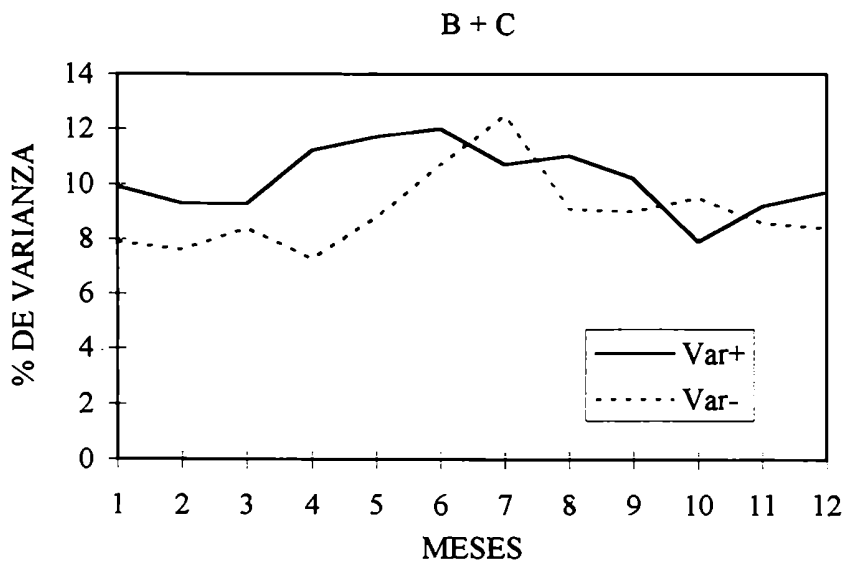


Figura 4.15: Variación estacional de la varianza explicada para los modelos B + C con Var + (línea sólida) y con Var - (línea a trazos).

Tabla 4.1: Varianza explicada por las 6 primeras Componentes Principales para los 12 meses del año, discriminada en varianza positiva (modelo tipo) y negativa (modelo inverso).

PC	ENERO				FEBRERO			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	64.7	0.01	64.7	A	66.6	0.0	66.6
2	B	7.4	4.7	76.8	B	7.1	4.6	78.3
3	C	2.5	3.2	82.5	C	2.2	3.0	83.5
4	D	1.6	2.0	86.1	D	1.8	1.6	86.9
5	E	1.9	1.6	89.6	E	1.7	1.5	90.1
6	F	1.2	0.7	91.5	F	0.9	0.8	91.8

PC	MARZO				ABRIL			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	63.7	0.0	63.7	A	64.2	0.1	64.3
2	B	7.1	5.1	75.9	B	9.0	5.0	78.3
3	C	2.2	3.3	81.4	C	2.2	2.3	82.8
4	D	1.9	2.4	85.7	D	1.6	2.2	86.6
5	E	2.2	1.5	89.4	E	1.7	1.4	89.7
6	F	1.3	0.7	91.4	F	1.2	0.7	91.6

PC	MAYO				JUNIO			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	58.9	0.4	59.3	A	57.1	0.0	57.1
2	B	9.0	5.3	73.6	B	9.4	6.8	73.3
3	C	2.7	3.5	79.8	C	2.6	3.9	79.8
4	D	1.9	3.7	85.4	D	1.8	3.2	84.8
5	E	1.8	1.7	88.9	E	2.0	1.8	88.6
6	F	1.6	0.7	91.2	F	1.5	1.1	91.2

PC	JULIO				AGOSTO			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	56.3	0.6	56.9	A	60.5	0.2	60.7
2	B	8.1	7.7	72.7	B	8.0	5.2	73.9
3	C	2.6	4.8	80.1	C	3.0	3.9	80.8
4	D	1.5	4.0	85.6	D	1.5	3.5	85.8
5	E	1.9	1.4	88.9	E	2.1	1.6	89.5
6	F	1.3	1.0	91.2	F	1.6	1.0	92.1

PC	SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	61.1	0.1	61.2	A	64.3	0.1	64.3
2	B	7.5	5.0	73.7	B	5.6	5.3	75.2
3	C	2.7	4.0	80.4	C	2.3	4.2	81.7
4	D	1.8	3.1	85.3	D	1.9	3.2	86.8
5	E	2.3	1.5	89.1	E	2.0	1.3	90.1
6	F	1.5	1.0	91.6	F	1.1	0.8	92.0

PC	NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	63.6	0.1	63.7	A	63.0	0.0	63.0
2	B	6.8	4.5	75.0	B	7.4	4.9	75.3
3	C	2.4	4.1	81.5	C	2.3	3.5	81.1
4	D	1.9	2.2	85.6	D	2.1	2.3	85.5
5	E	2.0	1.5	89.1	E	1.8	1.4	88.7
6	F	1.1	0.9	91.1	F	1.1	0.9	90.7

Tabla 4.1(cont.): Varianza explicada por las 6 primeras Componentes Principales para los 12 meses del año, discriminada en varianza positiva (modelo tipo) y negativa (modelo inverso).

4.3 Conclusiones:

Los modelos dados por las seis primeras componentes principales se ajustan muy bien a los principales tipos sinópticos. Los rasgos geográficos, tales como la Cordillera de Los Andes, orientada perpendicularmente al flujo básico, una limitada masa continental entre dos grandes masas oceánicas, el tamaño del área usada para el análisis, el intervalo de tiempo entre los campos (24 horas) y las características climáticas en general del Hemisferio Sur podrían ser factores que contribuyen a este exitoso hallazgo.

La clasificación sinóptica llevada a cabo, dio como resultado el conjunto de los más significativos tipos sinópticos en el área de estudio. La varianza explicada por los mismos a través del año se puede asociar a la frecuencia de ocurrencia de los sistemas representados por los modelos, de acuerdo a lo encontrado al verificar con los mapas diarios reales (Salles, 1990). Por lo tanto, el conjunto de información aquí presentada puede ser utilizado como referencia en el estudio de variaciones climáticas.

Las primeras 6 CPs (11 diferentes situaciones sinópticas) acumulan entre el 90 y 92% de la varianza total explicada por los campos diarios de presión de superficie, representando ampliamente los tipos principales de circulación.

Notablemente, todos los meses del año presentan tipos sinópticos similares independientemente de la estación, presentando solo algunas diferencias intermensuales, que concuerdan con las características climáticas conocidas. Estas diferencias son, corrimiento hacia altas latitudes de los sistemas durante el verano, lo cual fue observado en casi todas las CP retenidas y el desplazamiento hacia el este durante el invierno de la perturbación representada por el modelo C.

Por ello, la principal variabilidad en los campos de presión de superficie a través del año, podría adjudicarse principalmente a cambios en la frecuencia de los tipos sinópticos, representada en las varianzas explicadas por los modelos, mas que a cambios de forma y ocurrencia de tipos diferentes.

La situación sinóptica con características similares al campo medio de presión de superficie (modelo A tipo, el cual presenta mayor contribución del flujo zonal del oeste en latitudes media), en todos los casos explica más del 50% de la varianza total. Este tipo es menos frecuente durante los meses de invierno, aproximadamente un 9% menor que los valores más altos encontrados en los meses de transición (Figura 4.14). Esta distribución sugiere una pequeña componente semi-anual con máximos en los meses de transición, como halló van Loon (1967) en las series de temporales de presión de superficie de las estaciones del sur de Sudamérica. Hsu y Wallace (1976) también observan que la marcha anual de la presión de superficie en latitudes medias y altas del sur de Sudamérica esta dominada por la onda semi-anual.

Las restantes componentes (B a F) representan situaciones sinópticas asociadas a inestabilidades baroclínicas. El tipo de perturbación sinóptica más importante esta dado por la 2° CP, el cual representa el pasaje de anticiclones, ciclones y sus sistemas frontales asociados entre 40°S y 50°S, durante el invierno se observa su máxima frecuencia. Esto esta de acuerdo con la descripción dada por Trenberth (1991) sobre la actividad de las líneas de tormentas, la cual es muy persistente y permanece “anclada” en 50°S durante el año.

Las situaciones con sistemas de alta o baja presión y frentes entrando al norte de 35°S hacia el NE, representado por el modelo C, son especialmente importantes desde junio a septiembre.

Las perturbaciones representadas por los modelos D, E, y F no son tan frecuentes como los modelos anteriores, pero en modelo D en el mes de mayo es significativo.

BIBLIOGRAFÍA:

Compagnucci, R.H. (1989): Climatología sinóptica de las precipitaciones en Cuyo. Tesis Doctora, Departamento de Ciencias Meteorológicas, FCEyN. UBA. 238 págs.

Compagnucci, R.H. (1992): Are southern South American winters surface circulations normal during ENSO events. En Ortilieb, L. y Macharé (eds.), Proceedings Paleo ENSO Records International Symposium. Lima. 41-46.

- Gan, M.A y Rao, V.B. (1991): Surface cyclogenesis over South America. *Monthly Weather Review*, 119, 1293-1302.
- Hsu y Wallace (1976): The global distribution of the annual and semiannual cycles in sea level pressure. *Monthly Weather Review*, 104. 1597-1601.
- Lichtenstein, E.R. (1980): La depresión del NO argentino. Tesis Doctoral. Departamento de Ciencias de la Atmósfera. FCEyN. UBA.
- Minetti, J.L. y Sierra, E.M. (1989): The influence of central circulation patterns on humid and dry years on the Cuyo Andean Region of Argentina. *International Journal of Climatology*, 9. 55-68.
- Minetti, J.L. y Vargas, W.M. (1983): Comportamiento del borde anticiclónico subtropical en Sudamérica. Parte I. *Meteorologica*, XIV, Nros. 1 y 2, 645-656.
- Necco, G.V. (1982, a): Comportamiento de vórtices ciclónicos en el área Sudamericana durante el FGGE: ciclogénesis. *Meteorologica*, XIII, N° 1. 7-19.
- Necco, G.V. (1982, b): Comportamiento de vórtices ciclónicos en el área Sudamericana durante el FGGE: trayectorias y desarrollos. *Meteorologica*, XIII, N° 1. 21-34.
- Norte, F A. (1988): Características del viento Sonda en la región de Cuyo. Tesis Doctoral, Departamento de Ciencias Meteorológica, FCEyN, UBA
- Rivero, O.R. y Ereño C.E. (1977/78): Ciclogénesis, movimiento y distribución de depresiones y densidad de pasaje de frentes en océanos australes durante el período abril 1967 a marzo 1972. *Meteorologica*, VIII/IX. 299-308.
- Rusticucci, M y Vargas W. (1995): Synoptic situations related to spells of extreme temperatures over Argentina. *Meteorol. Applied*, 2. 291-300.

Rutllant, J. y Fuenzalida, H.(1991): Synoptic Aspects of the Central Chile rainfall variability associated with the Southern Oscillation. *International Journal of Climatology*, 11. 63-76.

Salles, M.A. (1990): Anomalías de los campos de presión de superficie para el sur de Sudamérica. Seminario General. Dpto de Ciencias de la Atmósfera. FCEyN. UBA. Págs. 86.

Tenberth, K.E. (1991): Storm tracks in the Southern Hemisphere. *Journal of Atmospheric Science*, 48. 2159-2178.

Van Bebber, W.J. y Köppen, W. (1885): Die isobantypen des Nordatlantischen Ozeans und Westeuropas, ihre beziehung zur lage und bewegung der barometrischen maxima und minima. *Arch.Dtsch.Seewarte, Hamburg*, 18 (4),27.

van Loon, H. (1967): The half year oscillation in middle and high southern latitudes and the coreless winter. *Journal of Atmospheric Science*, 24. 472-486.

van Loon, H. (1979): The association between latitudinal temperature gradient as eddy transport. Part I: transport of sensible heat in winter. *Monthly Weather Review*, 107. 525-534.

van Loon, H.; Taljaard, J.J.; Sasamori, T.; London, J.; Hoyt, D.V.; Labitzke, K.; Newton, C.W. (1972): *Meteorology of the Southern Hemisphere*. The American Meteorological Society.

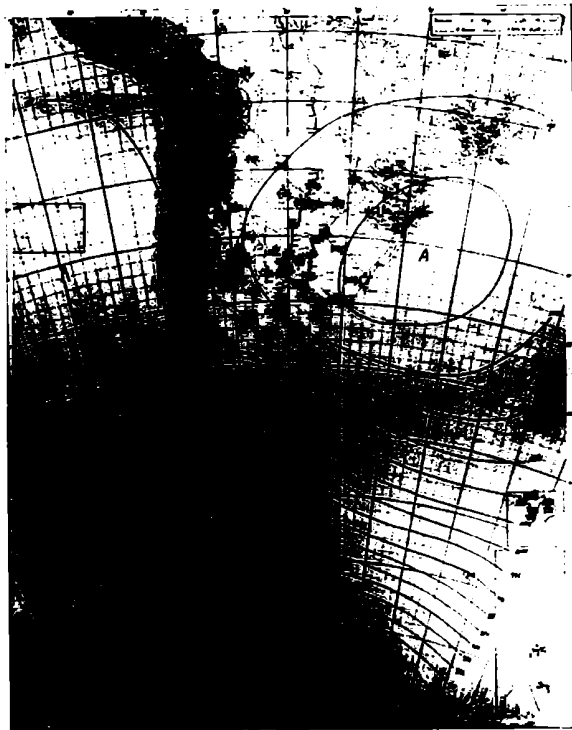


Foto 1: Modelo A, 2 de mayo de 1976.



Foto 2: Modelo tipo B, 16 de julio de 1975.

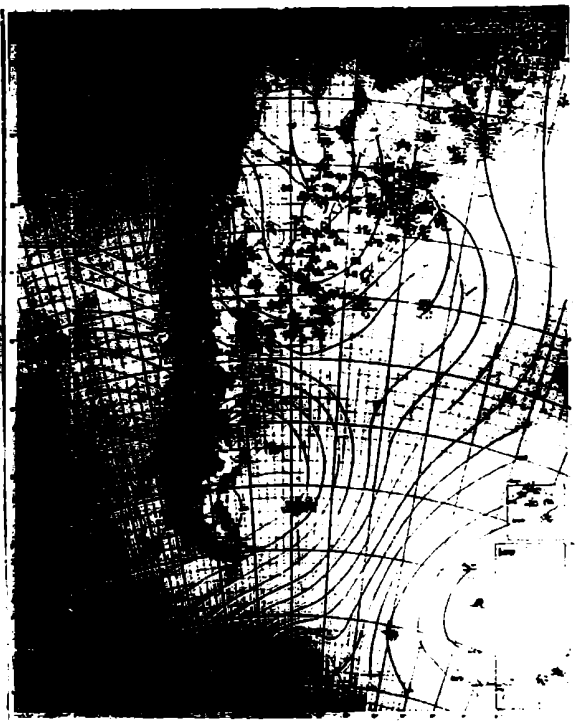


Foto 3: Modelo inverso B, 18 de julio de 1978.

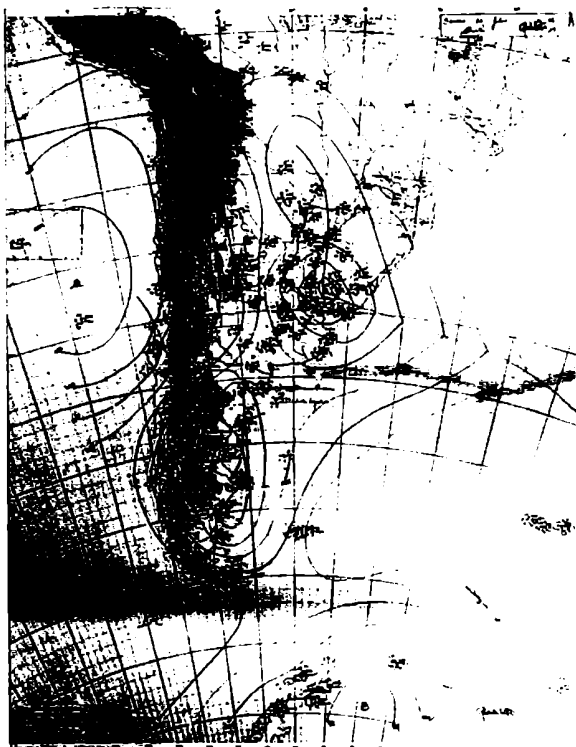


Foto 5: Modelo inverso C, 26 de julio de 1980. **Foto 4:** Modelo tipo C, 6 de julio de 1978.

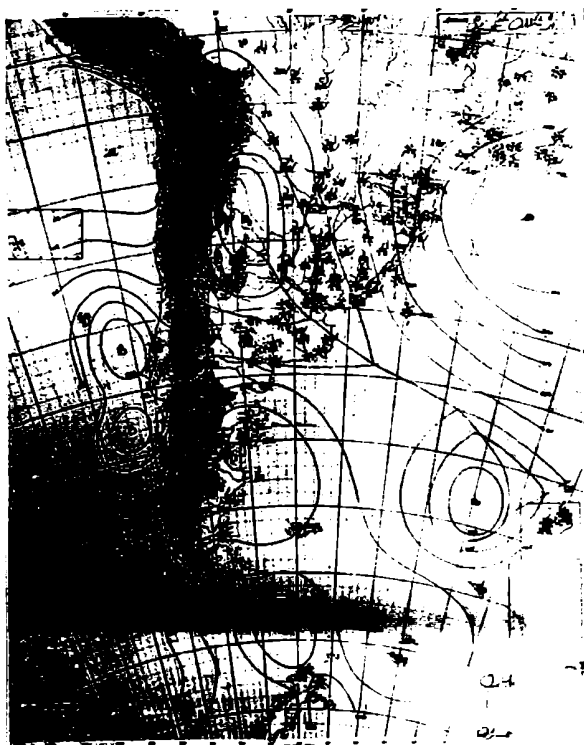


Foto 7: Modelo inverso D, 25 de julio de 1980. **Foto 6:** Modelo tipo D, 30 de agosto de 1972.

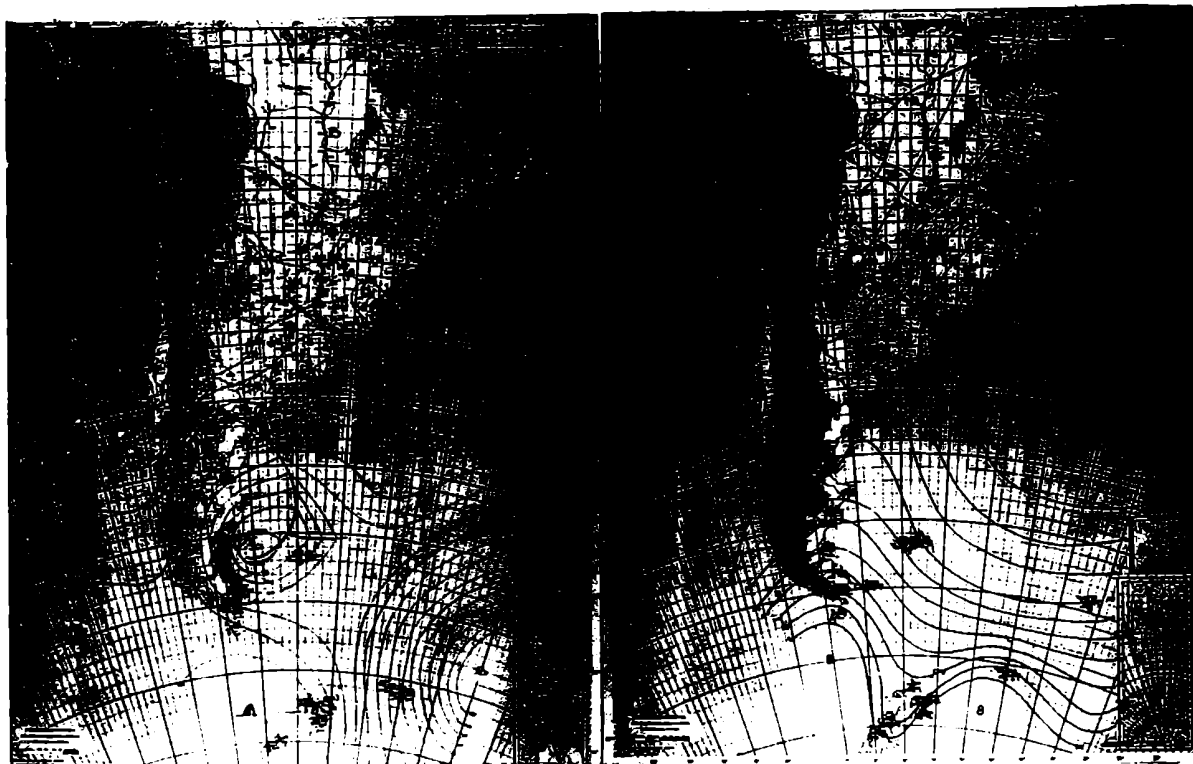


Foto 9: Modelo inverso E, 27 de junio de 1983. **Foto 8:** Modelo tipo E, 21 de junio de 1981.

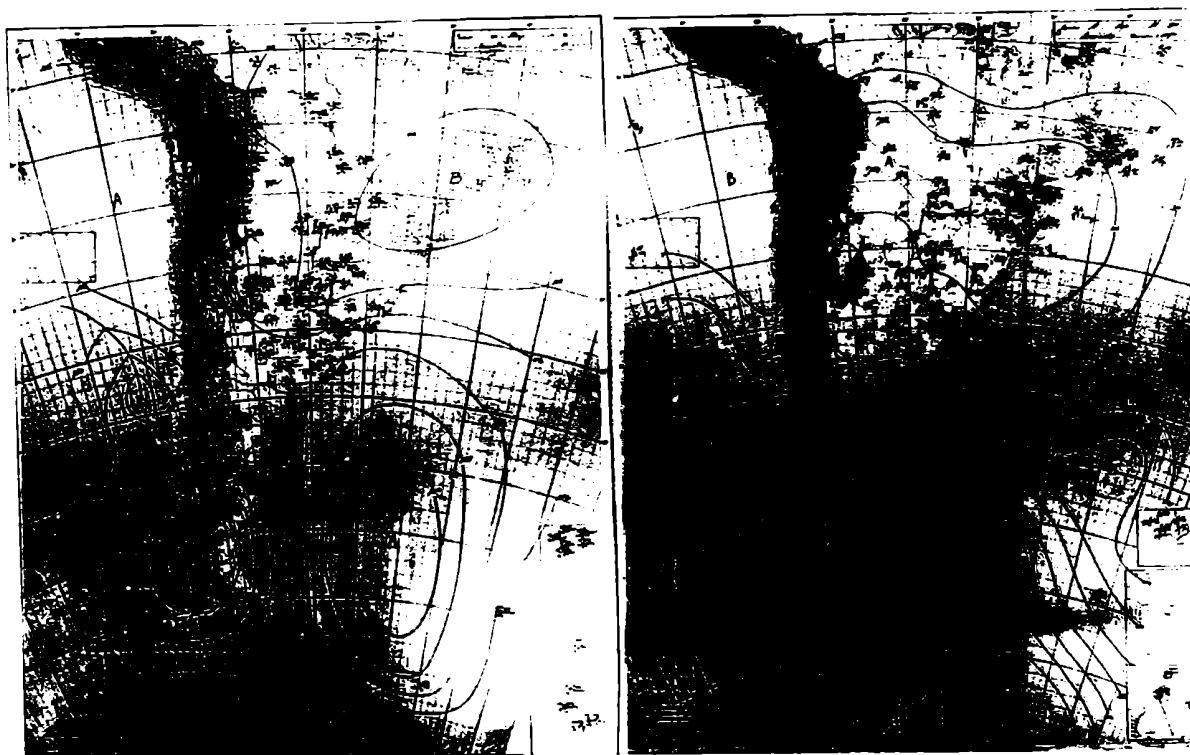


Foto 10: Modelo tipo F, 28 de mayo de 1976. **Foto 11:** Modelo inverso F, 19 de mayo de 1977.

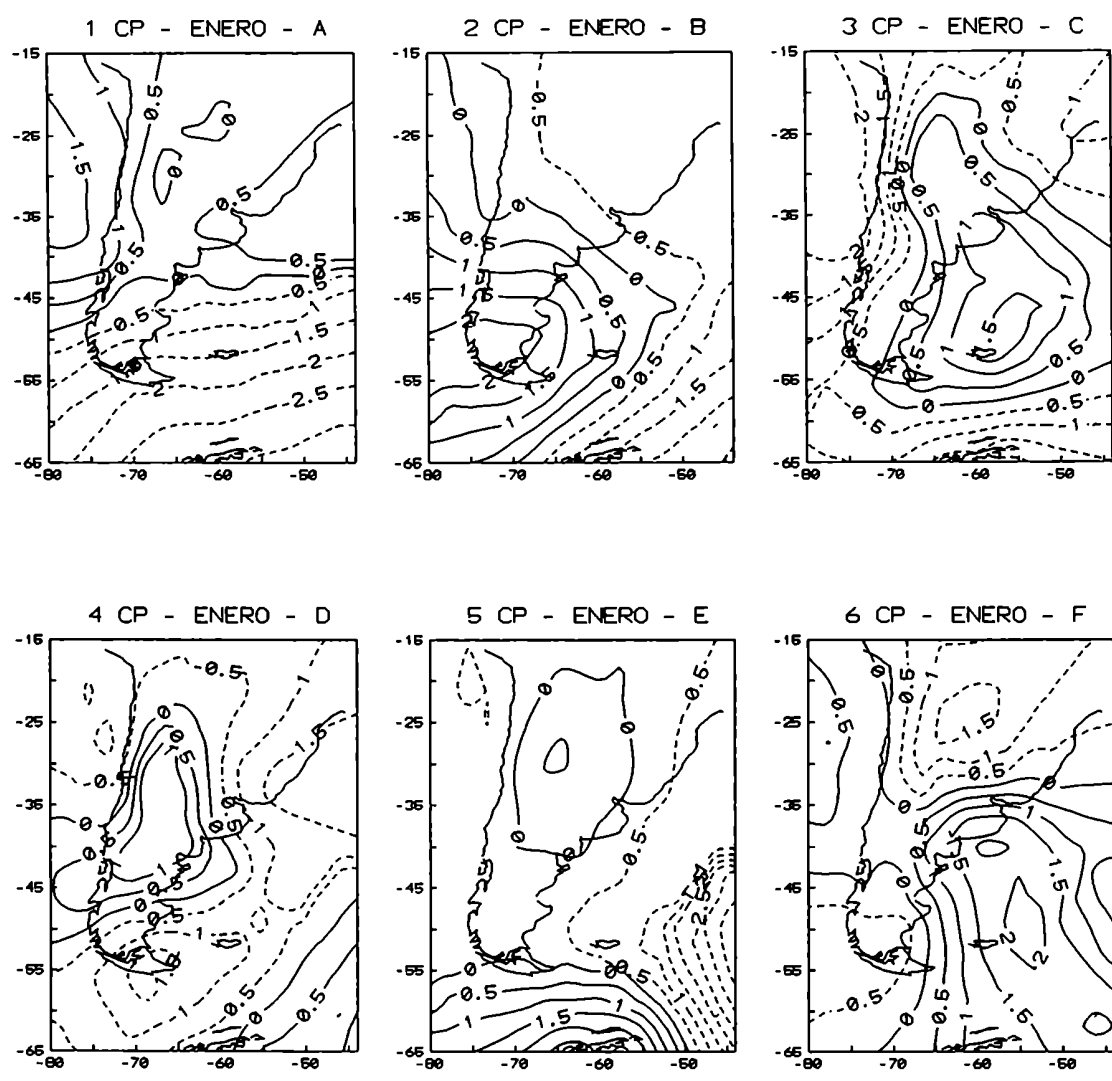


FIGURA 4.2: Modelos de las 6 primeras CPs correspondientes al mes de enero.

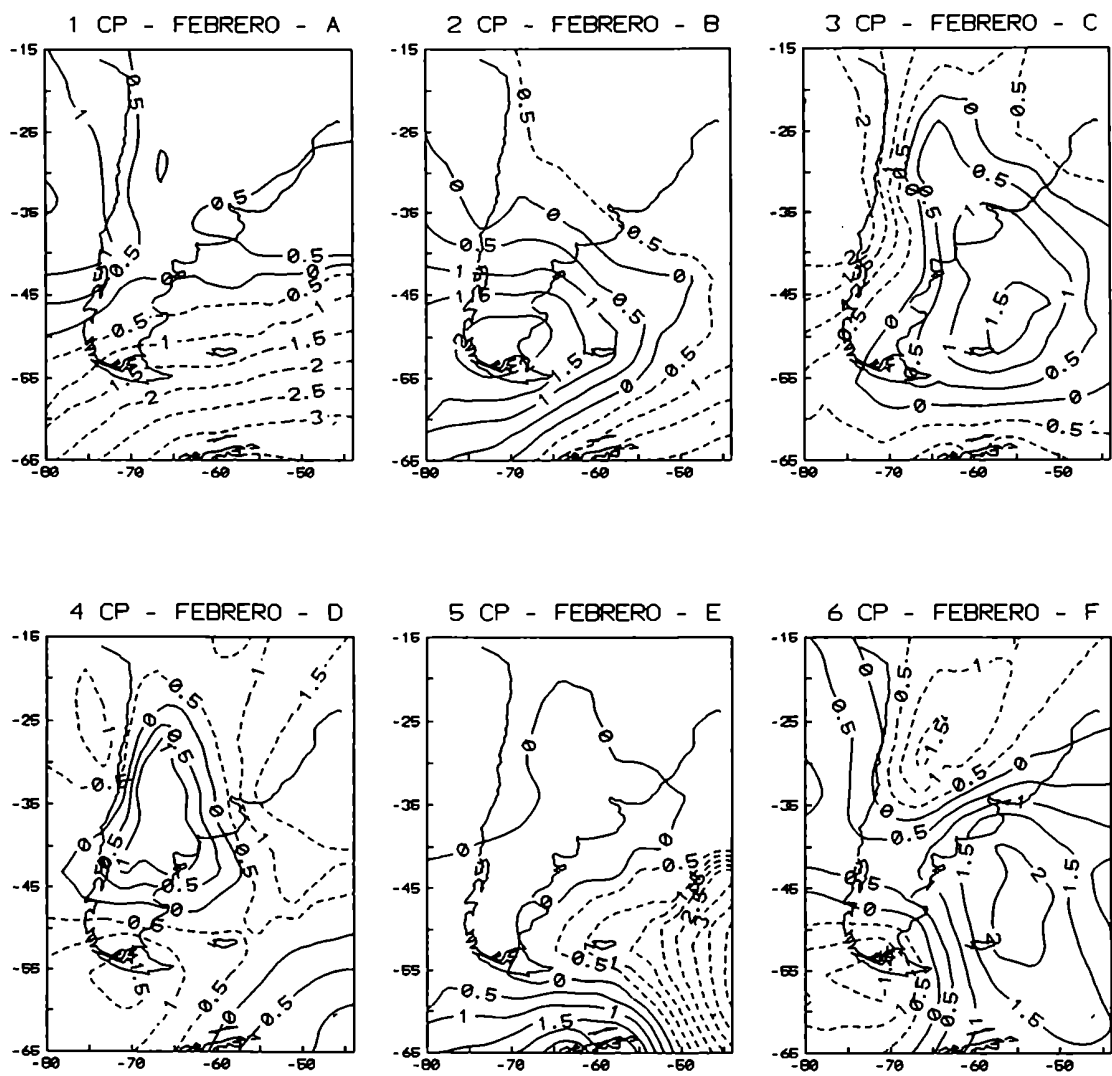


FIGURA 4.3: Modelos de las 6 primeras CPs correspondientes al mes de febrero.

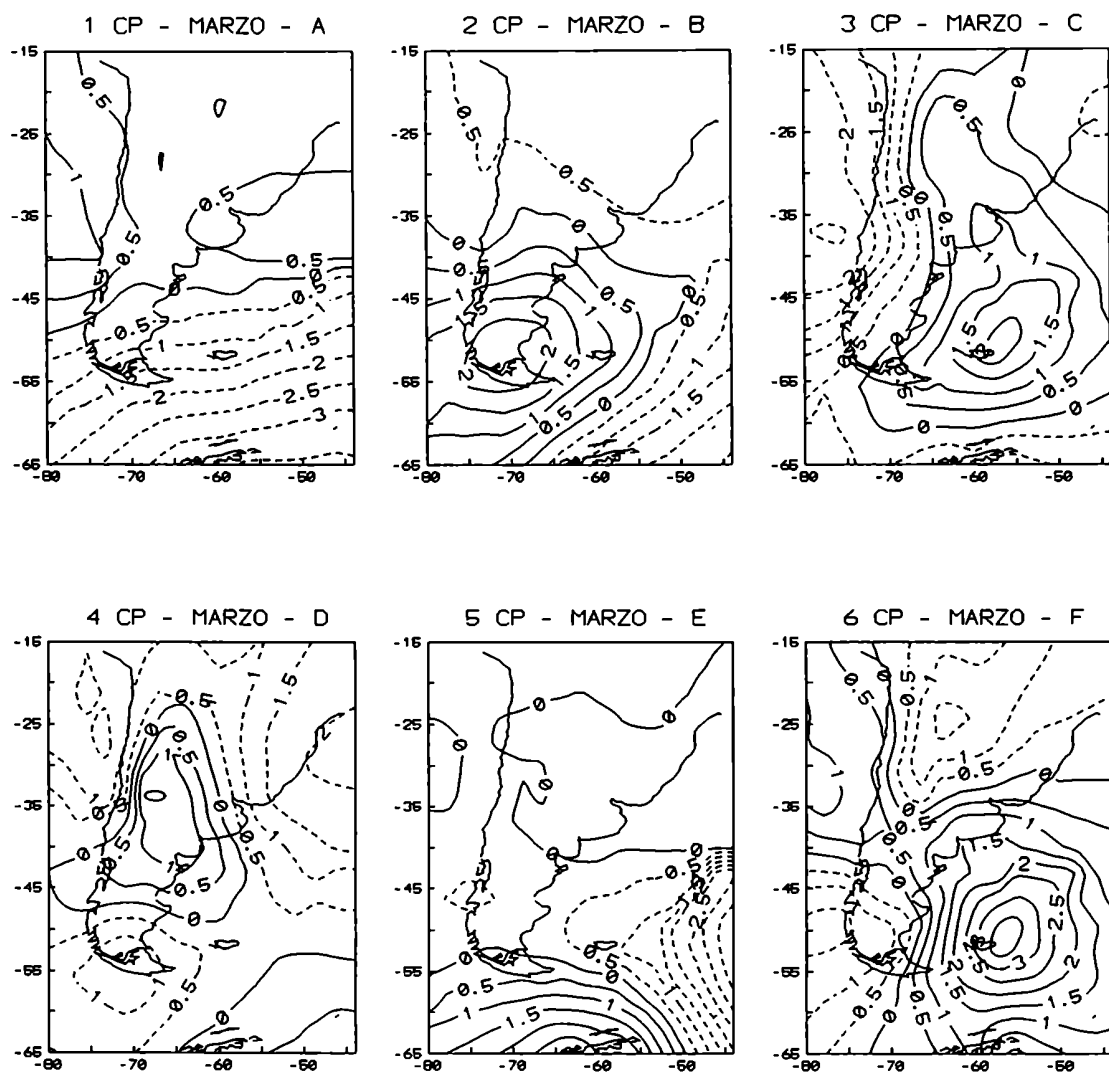


FIGURA 4.4: Modelos de las 6 primeras CPs correspondientes al mes de marzo.

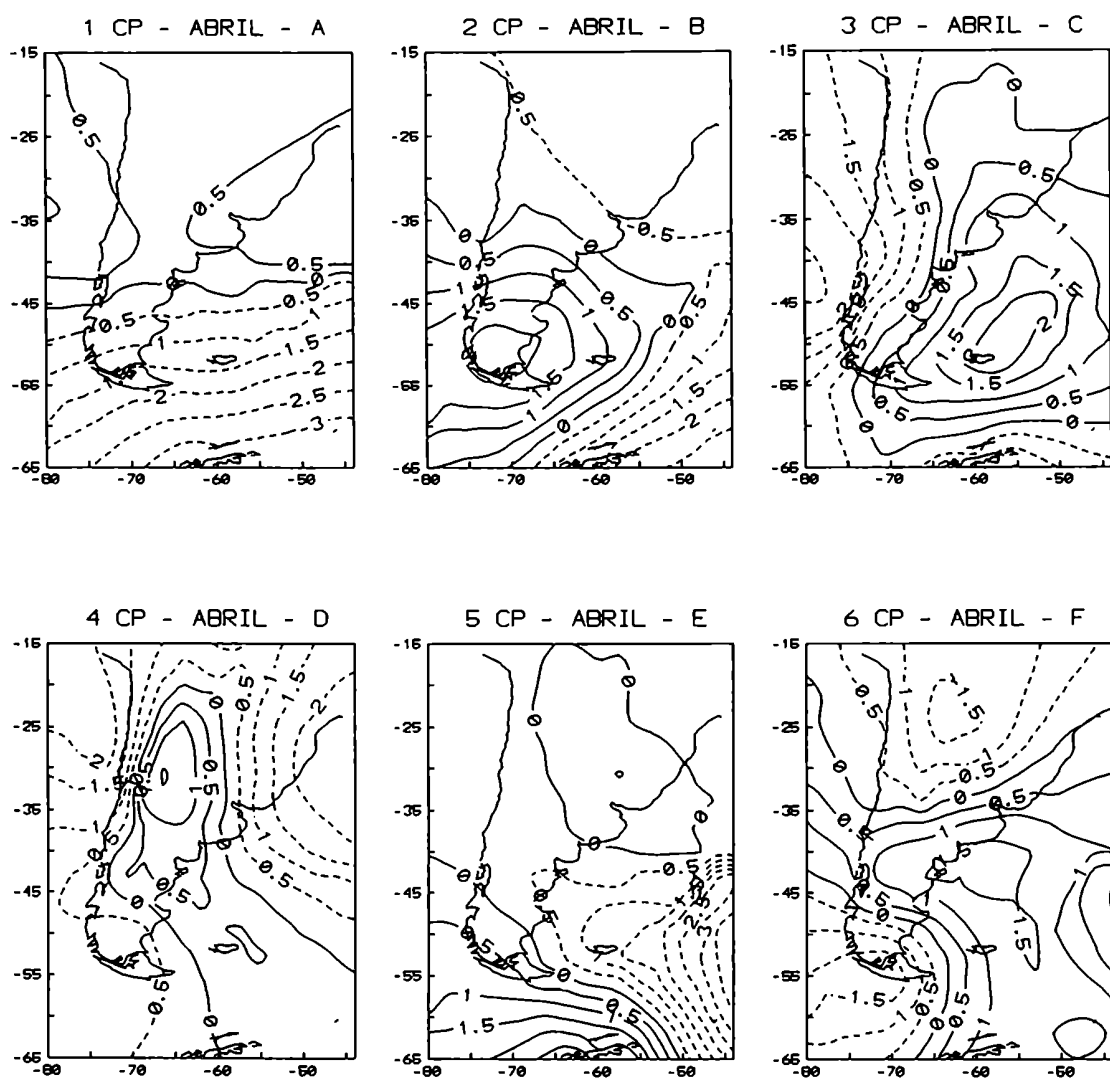


FIGURA 4.5: Modelos de las 6 primeras CPs correspondientes al mes de abril.

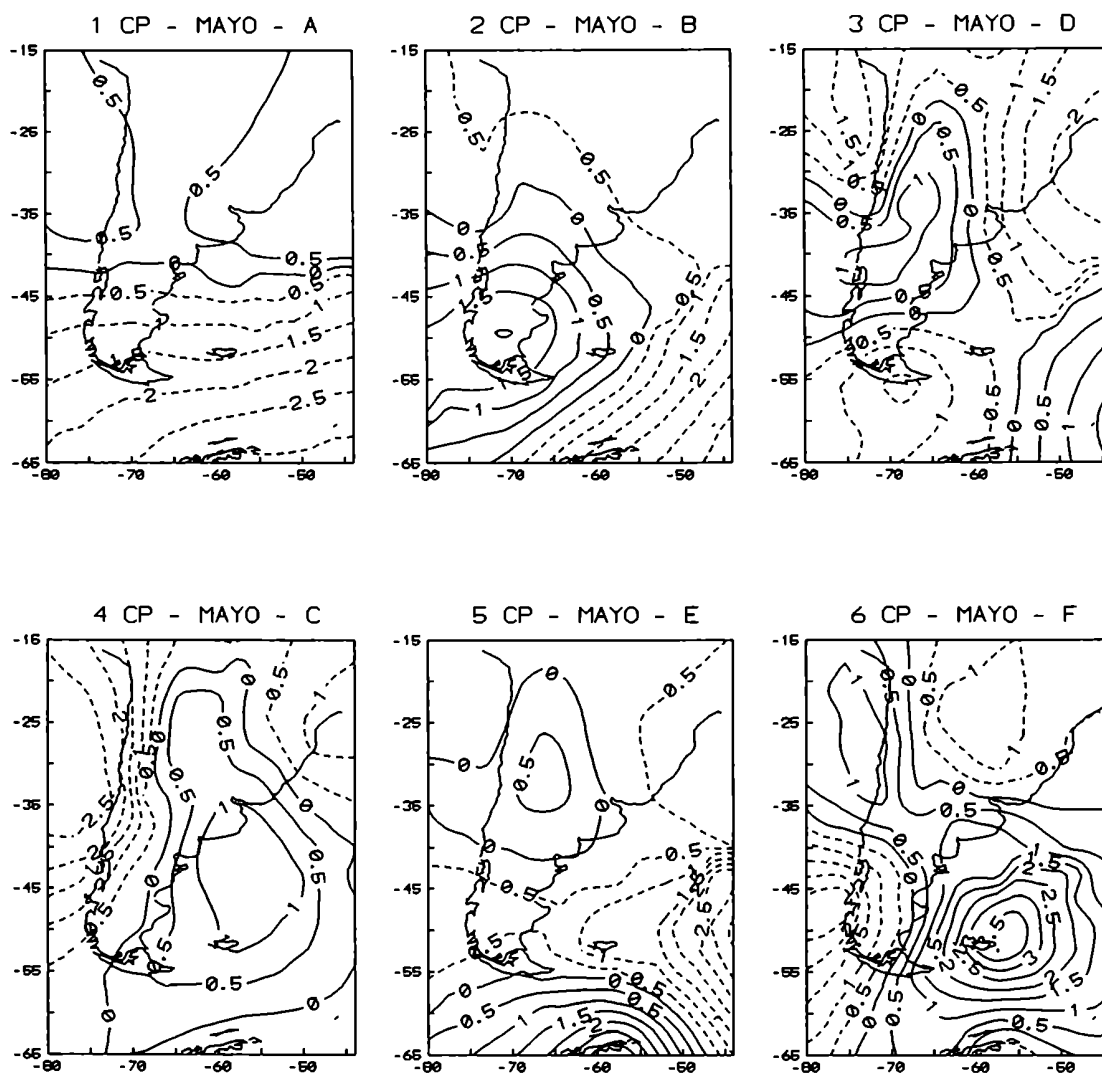


FIGURA 4.6: Modelos de las 6 primeras CPs correspondientes al mes de mayo.

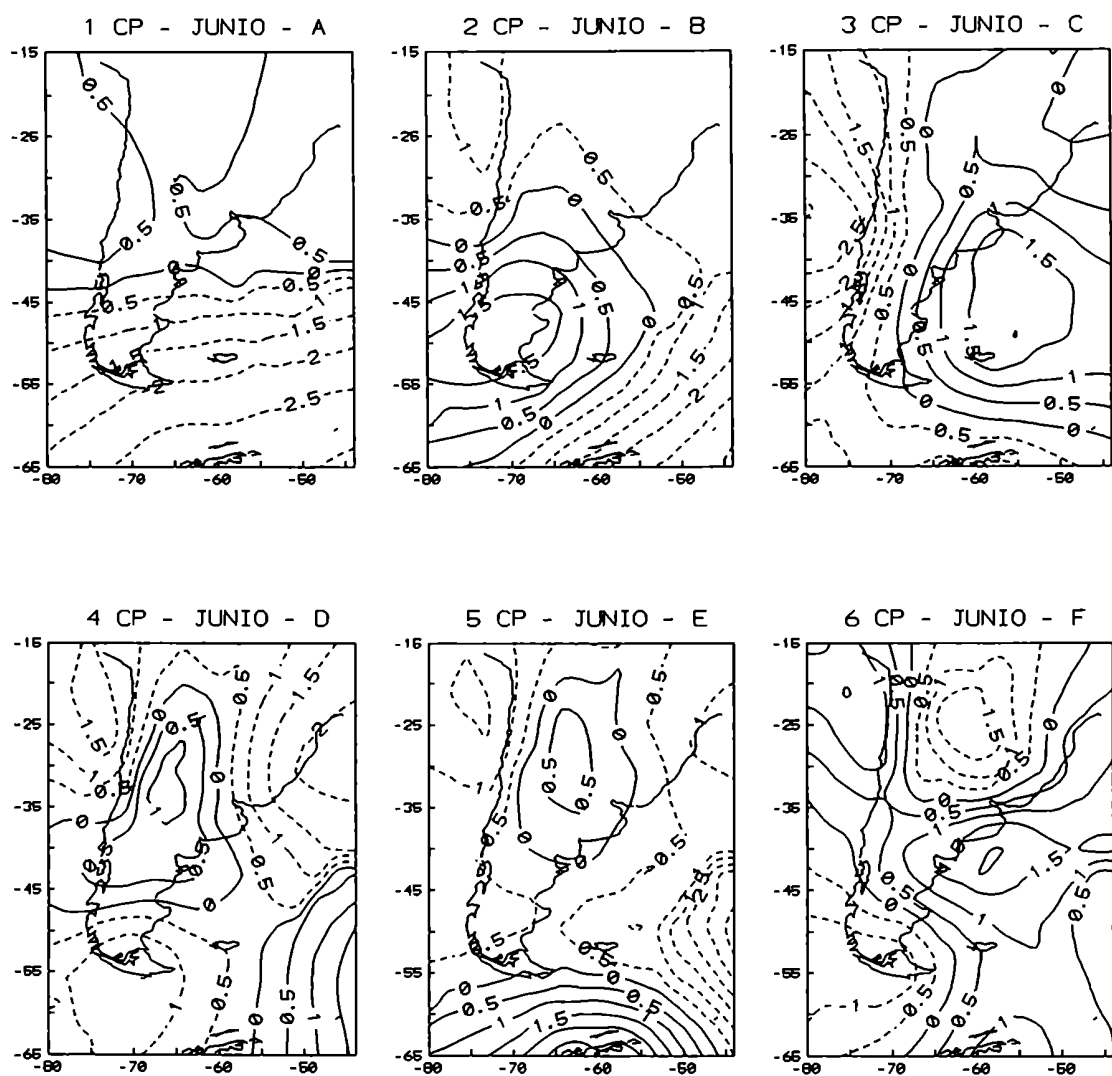


FIGURA 4.7: Modelos de las 6 primeras CPs correspondientes al mes de junio.

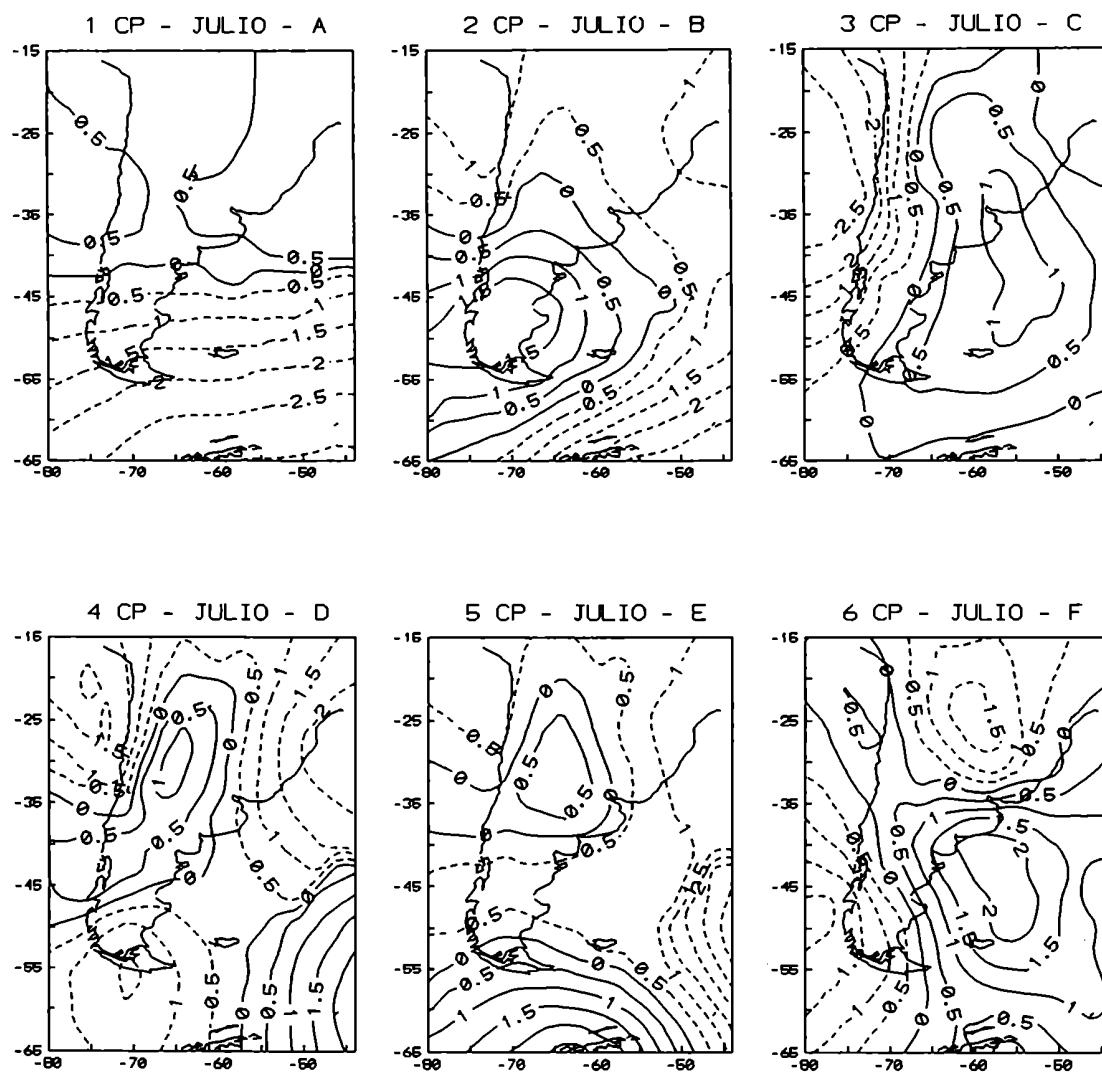


FIGURA 4.8: Modelos de las 6 primeras CPs correspondientes al mes de julio.

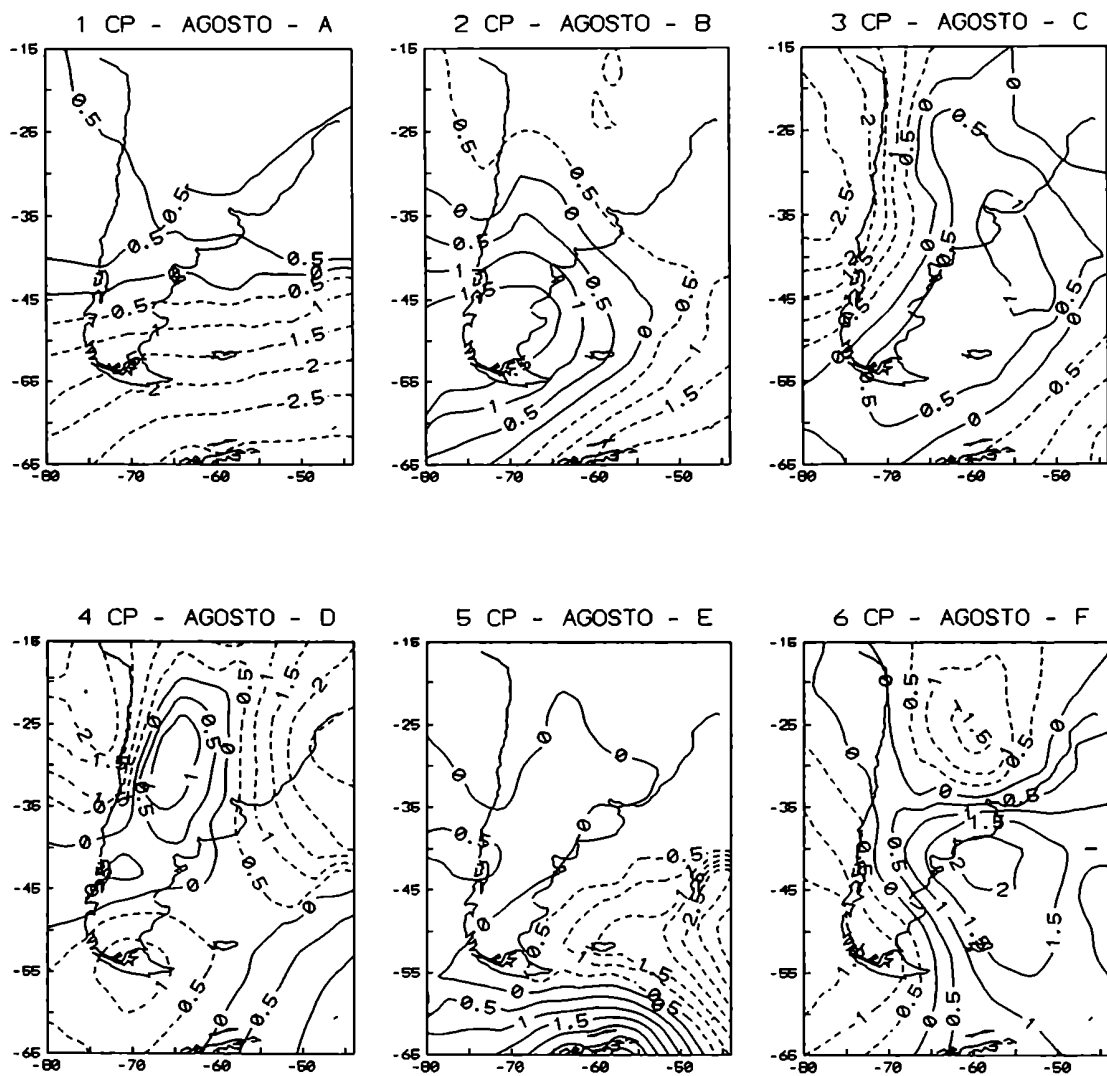


FIGURA 4.9: Modelos de las 6 primeras CPs correspondientes al mes de agosto.

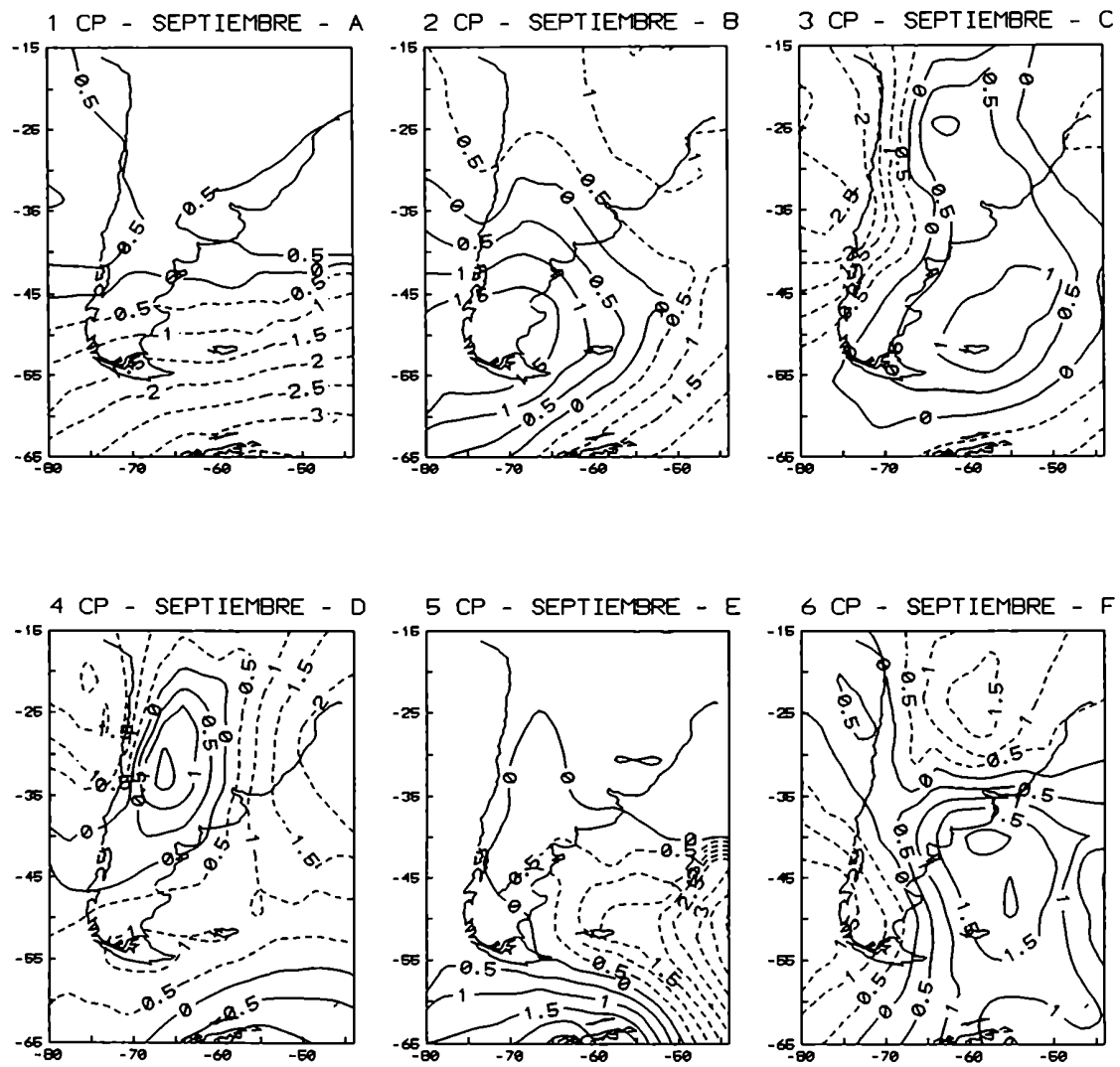


FIGURA 4.10: Modelos de las 6 primeras CPs correspondientes al mes de septiembre.

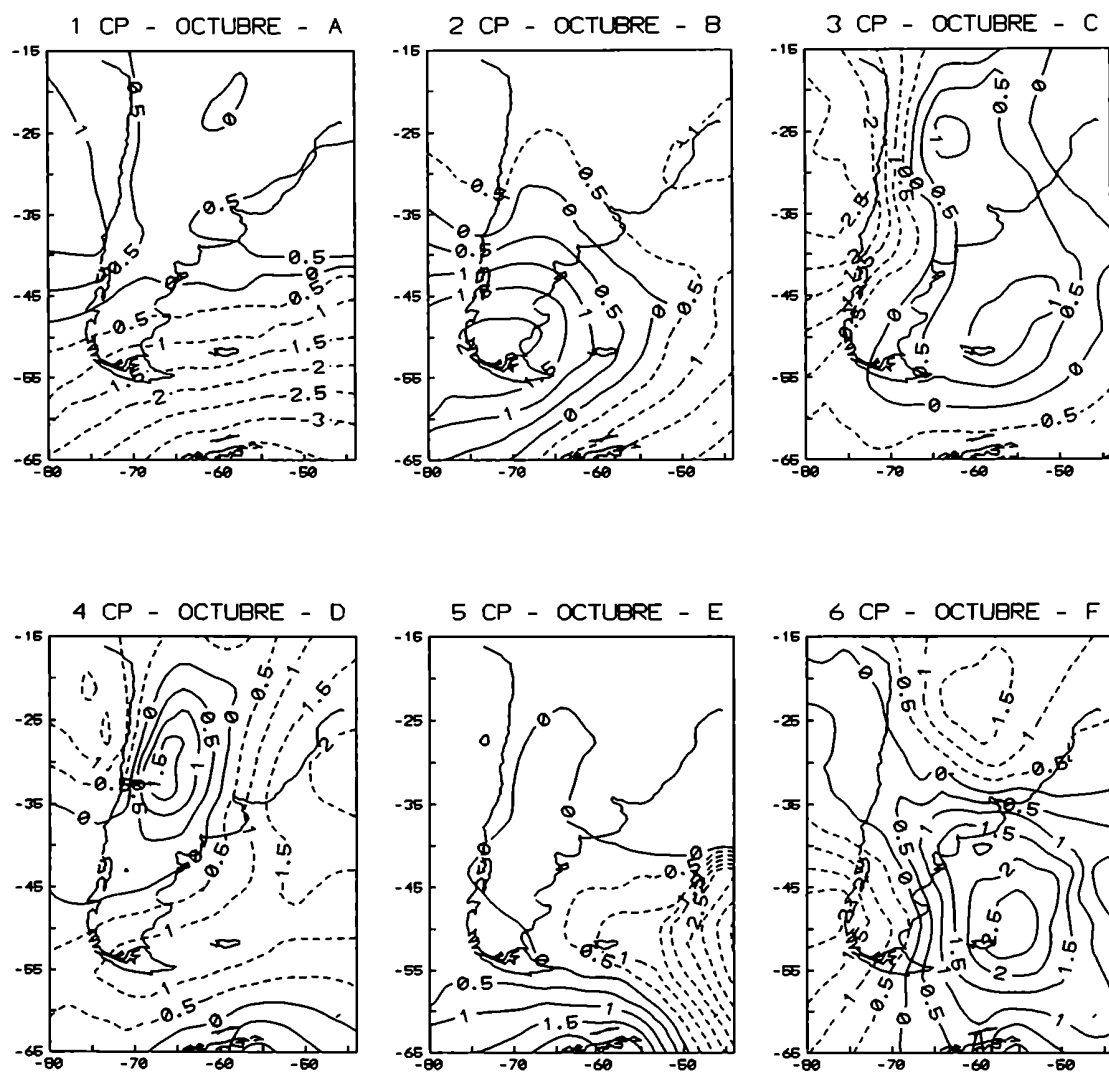


FIGURA 4.11: Modelos de las 6 primeras CPs correspondientes al mes de octubre.

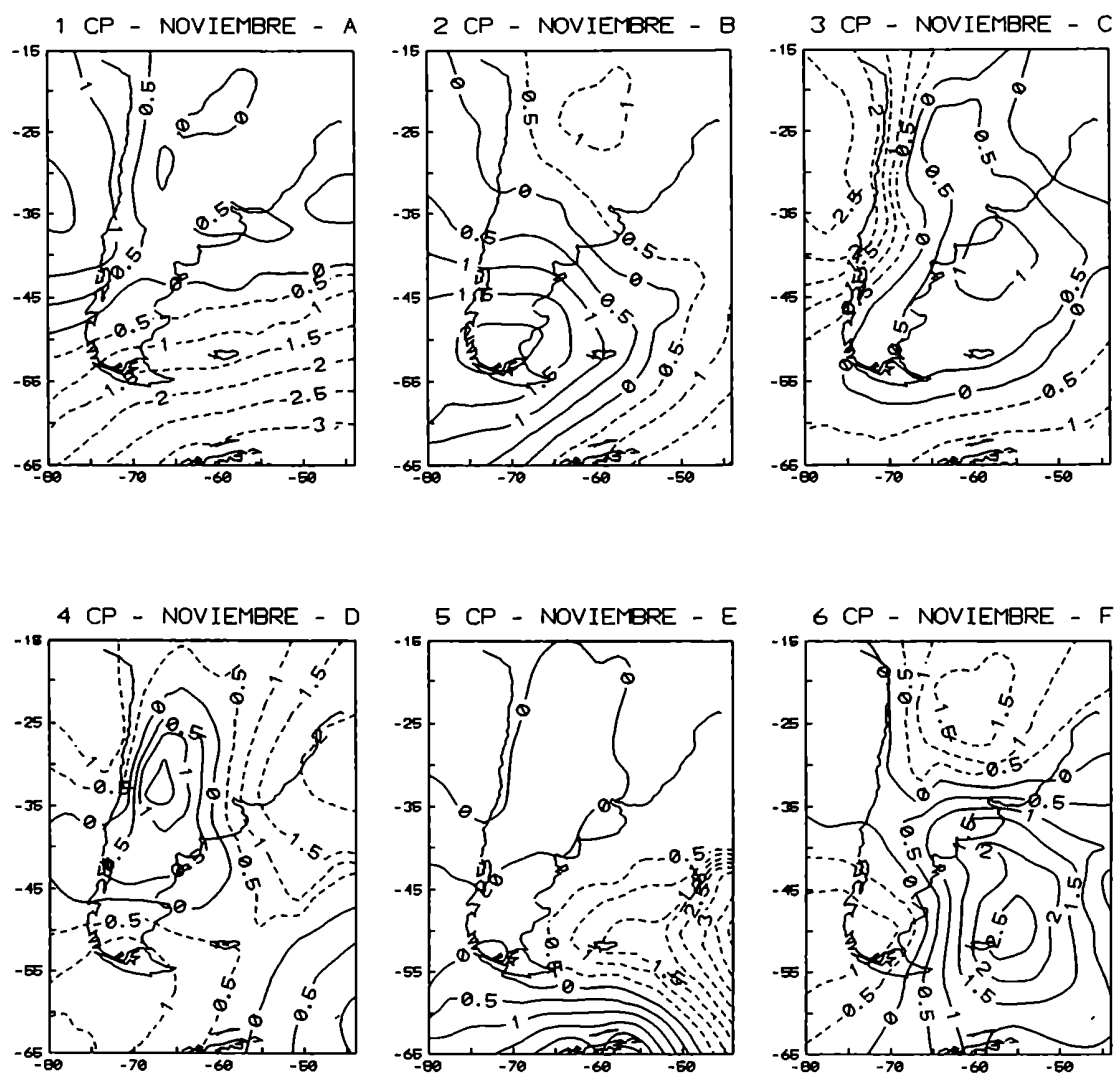


FIGURA 4.12: Modelos de las 6 primeras CPs correspondientes al mes de noviembre.

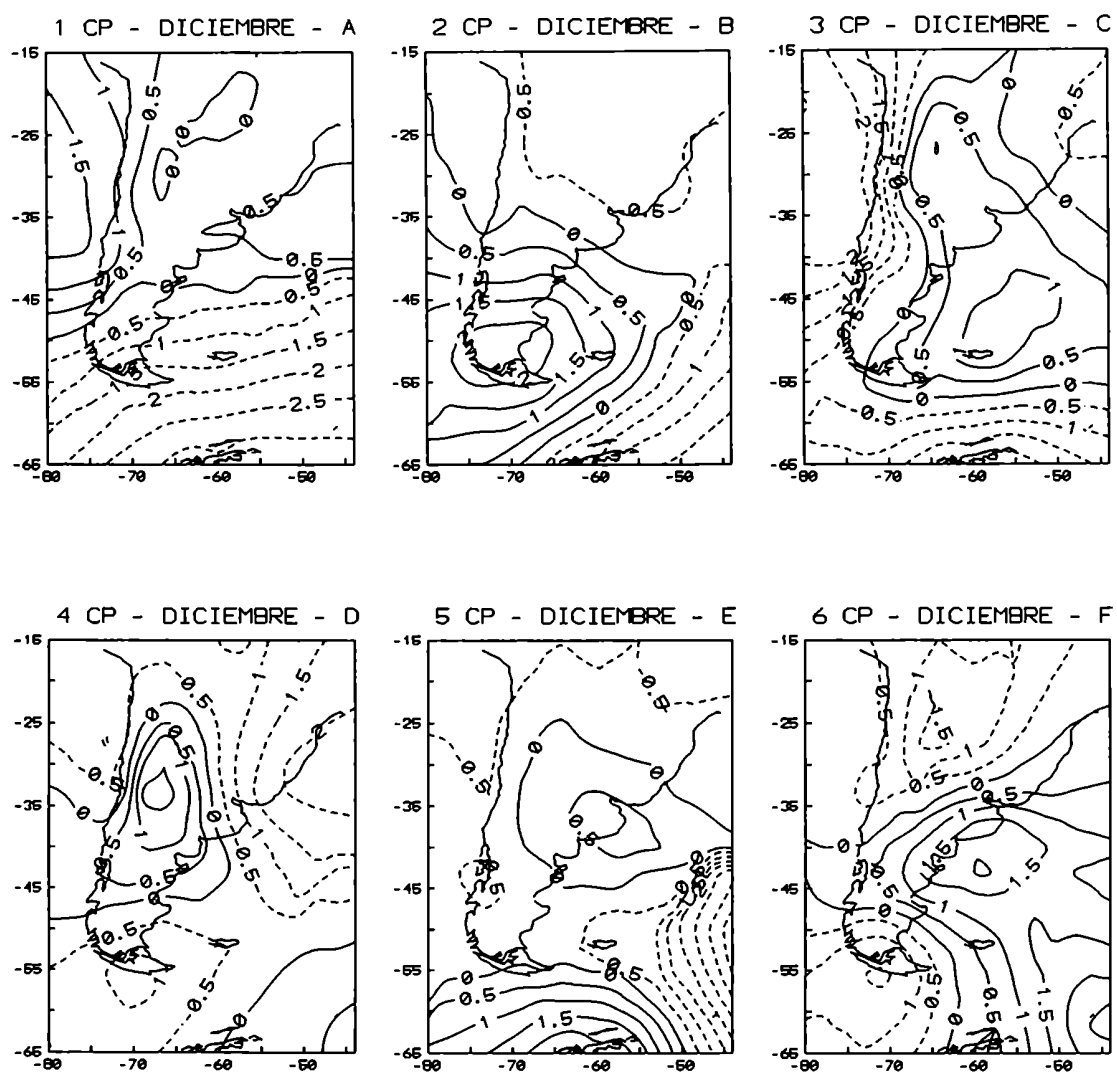


FIGURA 4.13: Modelos de las 6 primeras CPs correspondientes al mes de diciembre.

CAPÍTULO 5

EVENTOS ENSO (El Niño / Oscilación Sur):

5.1 Introducción:

El evento ENSO (El Niño / Oscilación Sur) es el término utilizado para describir la ocurrencia simultánea del fenómeno oceánico llamado El Niño y el atmosférico conocido como Oscilación Sur. Cuando ambos suceden acopladamente y en fase opuesta ocasionan anomalías climáticas significativas en distintas partes del mundo.

El Niño del cual se tiene conocimiento desde la conquista española, consiste en un debilitamiento de las surgencias de agua subsuperficial en las zonas cercanas a las costas de Perú y Ecuador provocando un aumento de la temperatura del mar en el área. Este fenómeno ocurre anualmente alrededor de Navidad y se prolonga durante el verano del HS. En los años en que es más intenso que lo normal, la anomalía cálida se extiende hacia occidente en el Océano Pacífico llegando a longitudes al oeste de la línea de fecha y penetrando hacia el sur en el sector costero hasta latitudes medias. Estos eventos son acompañados por intensas lluvias costeras en la zona desértica de Perú y Ecuador, lo que determinó que fueran conocidos como “años de abundancia” (Philander, 1990).

La Oscilación Sur fue notada por primera vez por Hildebrandsson (1897), quien la describió como un “vaivén” en la presión a nivel del mar que produce fluctuaciones entre el Sydney (Australia) y Buenos Aires (Argentina) de fase opuesta. Lockyer y Lockyer (1902 a. b y 1904) posteriormente hallaron que esta oscilación se extiende casi globalmente presentando dos centros, uno en el Pacífico tropical occidental y otro en el SE del mismo. Las fluctuaciones entre estos dos centros, que están separados unos miles de kilómetros, fue calculada en 3.8 años y son remarcablemente coherentes (Lockyer y Lockyer, 1902 a. b y 1904). Trabajos sobre la periodicidad de estas anomalías señalan que la frecuencia de las mismas varía desde las altas frecuencias, comprendidas entre 2 y 10 años, hasta las bajas frecuencias, dominadas por una periodicidad de alrededor de 45 años (Diaz y Pulwarty, 1992). El fenómeno El Niño, es más frecuente en algunas décadas que en otras, indicando variabilidad en frecuencias mucho más bajas que las correspondientes a la señal OS (Philander, 1990).

La importante interacción océano/atmósfera que consiste en la relación entre la Oscilación Sur (OS) y las variaciones de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el Pacífico Ecuatorial no fue percibida sino hasta fines del '50 y principios del '60 (Berlage, 1957; Ichiye y Petersen, 1963; Bjerknes, 1966 y 1969 y Doberitz, 1968). Las correlaciones realizadas entre la OS y varios parámetros climáticos mostraron que valores altos de presión en el oeste y bajos en el este del Pacífico Ecuatorial coinciden con abundantes precipitaciones, temperaturas de la superficie del mar altas y debilitamiento de los vientos alisios en el Pacífico Tropical central y este. A esta fase de la Oscilación Sur se la conoce actualmente como EL NIÑO. La fase opuesta conocida como La Niña está determinada por altas presiones en el Pacífico Ecuatorial este y bajas en el oeste acompañada por alisios intensos, anomalías frías de TSM y escasa precipitación o sequía en el Pacífico tropical oriental y central, Ecuador, Perú y norte de Chile.

Las condiciones medias de la atmósfera en el área del Pacífico Tropical son tales que en el sector oriental se localiza el anticiclón semipermanente del Pacífico Sur con subsidencia de aire, movimientos verticales descendentes con predominio de cielos despejados, aire cálido y seco, mientras que en el sector occidental, norte de Australia e Indonesia, un sistema de baja presión semipermanente determina movimientos verticales de ascenso que llevan a la formación de nubosidad y precipitación. Estos sistemas forman en el plano vertical del área ecuatorial una celda de circulación meridional en sentido horario llamada "Celda de Walker" con vientos del este, alisios, en superficie y vientos del oeste en altura. En años El Niño se debilita la circulación de la celda hasta el punto de producirse vientos del oeste en superficie. En el sector oriental del Pacífico los movimientos del aire son ascendentes generando nubosidad y precipitación, mientras que en el sector occidental llega a producirse movimientos descendentes que provocan sequías en el sector de Indonesia, norte de Australia y disminución de los monzones de la India.

La anomalía de circulación en el área tropical en su fase negativa induce un patrón de circulación atmosférica de escala global conocido como PNA (Pacífico- Norte América) (Horel y Wallace, 1981; Wallace y Gutzler, 1981), que determina la escala planetaria del fenómeno atmosférico y de las anomalías climáticas asociadas. Se encontró que el tren de ondas definido por este patrón teleconecta los patrones climáticos de Norte América con el ENSO y otras fluctuaciones en el Pacífico ecuatorial. Por otra parte, Karoly (1989) señaló la presencia de un tren de ondas comparable que se extiende en el HS hasta alcanzar altas latitudes. Es por ello que las anomalías asociadas a este fenómeno afectan todo el globo. Las regiones con anomalías teleconectadas al evento ENSO durante la fase caliente (El Niño) tienden a tener anomalías opuestas durante la fase fría (La Niña) (Diaz y Kiladis, 1992; Philander, 1990).

Durante la fase cálida la zona de convergencia intertropical y la zona de convergencia del Pacífico Sur se trasladan hacia el Ecuador y se unen en su parte oeste cerca de la línea de fecha, esto implica anomalías secas en lugares donde normalmente se encuentran las zonas de convergencia, tales como Islas Caroline del Pacífico oeste y las islas de Pacífico Fiji y Nueva Caledonia (Kiladis y van Loon, 1988). Acompañado con condiciones de sequía en Australia (Nicholls, 1992), Indonesia y en el monson sur Asiático (Philander, 1990). El rasgo anómalo más notable del monson es su debilitamiento sobre la India durante la fase cálida de ENSO (Rasmusson y Carpenter, 1982), por otra parte, los años de inundaciones sobre la India tienden a coincidir con los eventos fríos (Parthasarathy y Pant, 1985). Contrariamente Sri Lanka, presenta condiciones húmedas durante el evento cálido, esto ocurre en fase con una tendencia a fuertes precipitaciones sobre el Océano Índico durante la época de lluvias (septiembre a noviembre) en la región (Kiladis y Díaz, 1989).

En el sudeste de África durante la primera etapa del desarrollo de la fase cálida, se registra una tendencia a precipitaciones sobre lo normal durante el verano y el otoño, que afecta una extensa área que incluye Mozambique, Zimbabwe y Sudáfrica. Durante la fase madura de El Niño, la precipitación tiende a ser menor a la normal en el sur de África. Se observa también una tendencia a sequía durante el verano y otoño siguiente (correspondientes al año +1) en la región, que lleva a un temprano fin de la estación lluviosa asociado con el evento cálido del ENSO (Díaz y Kiladis, 1992).

Durante El Niño, las llanuras costeras de Ecuador y norte de Perú son susceptibles a inundaciones, además en regiones más al sur y en las islas a lo largo de la zona de surgentes ecuatoriales puede verse un espectacular incremento de las precipitaciones. Esto se debe a un debilitamiento del anticiclón del Pacífico sur que está acompañado por un debilitamiento de los vientos alisios y de los surgentes oceánicos causando un aumento de la TSM. Este calentamiento de la superficie del Océano provoca un aumento de la evaporación y calentamiento de la troposfera, por lo tanto decrecimiento de la estabilidad, creando las condiciones necesarias para la convección y la precipitación (Díaz y Kiladis, 1992).

En el sur de Sudamérica, se presentan también anomalías que son asociadas al evento. Ropelewski y Halper (1996), analizaron la relación entre la OS y la precipitación, concluyendo que en la región desde Río Negro, la zona Pampeana de Argentina hasta el oeste de Uruguay, experimenta durante la fase cálida (bajo IOS) un incremento de la precipitación media de 50 a 150 mm desde noviembre (0) cero o febrero (+1). Durante la fase fría (alto IOS) en la misma región se observa un déficit de precipitación de 50 a 150 mm en el período que va de junio a diciembre del año cero. Por su parte, Aceituno (1988), observó que durante los inviernos de la fase cálida del evento ENSO, la región central de Chile (30-35°S) muestra anomalías de precipitación positivas,

inversamente, durante la fase fría presenta condiciones de sequía. El mismo autor también analizó la relación de la temperatura entre 1948 y 1983 concluyendo que existe una correlación negativa entre el IOS y la temperatura del aire en la región correspondiente a el norte y centro de Argentina y Chile entre los meses de enero y agosto, observándose correlación inversa en el bimestre noviembre-diciembre.

La precipitación en la Cordillera de los Andes, en el área entre 30°S y 40°S, muestra la misma señal de variabilidad interanual que Santiago de Chile (Compagnucci, 1989), respondiendo a la señal ENSO con precipitaciones sobre el promedio en los inviernos de evento cálidos y bajo el promedio en los años de evento frío. Consecuentemente, los caudales de los ríos de Cuyo, producto del deshielo de verano, reflejan el impacto de la ocurrencia del ENSO. Los estudios realizados por Compagnucci (1991) y Compagnucci y Vargas (1993) muestran que los caudales del Jachal al Colorado presentan relación positiva significativa con los eventos El Niño. Posteriormente Compagnucci y Vargas (1997), encuentran que La Niña se relaciona con los caudales bajo el promedio y el efecto es aún más discriminatorio que en el caso de El Niño.

Durante la fase caliente del evento ENSO, el sur de Brasil (que comprende los estados de Río Grande do Sul, Santa Catarina y Parana), experimentan importantes anomalías positivas de precipitación. Inversamente, durante La Niña, se observan fuertes anomalías negativas. La magnitud de estas anomalías de precipitación son más grandes en el sur de Brasil que en Argentina y Uruguay (Grimm, 1997).

Texeira Nery (1996), analizó la precipitación en los estados de San Pablo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande del Sur (región Sur de Brasil y Brasil Meridional) para el período 1948-88, encuentra fluctuaciones interanuales significativas asociadas a las fases extremas de la OS. La característica más importante de la manifestación de la OS sobre el área es la persistencia de anomalías débiles y moderadas por varios meses.

En la Provincia de Buenos Aires no se observa relación directa y total entre la lluvia areal media anual y la ocurrencia de la fase cálida de 'El Niño', pero la ausencia del evento parece relacionarse con mínimos de la precipitación areal (Vargas, 1987).

Estos resultados determinan características locales y parciales del impacto del ENSO en el sur de Sudamérica. A fin de obtener rasgos más generales del toda el área, en este capítulo se estudia el comportamiento de las principales variables climáticas, calculando las anomalías de presión, temperatura y precipitación para todo el sur de Sudamérica y complementariamente se analiza la circulación de superficie. Se estudian separadamente cada uno de los 3 eventos ENSO

1972-73, 1976-77, 1982-83, los que presentan diferentes características y magnitud de acuerdo con la marcha de la OS y la TSM (fig 5.1).

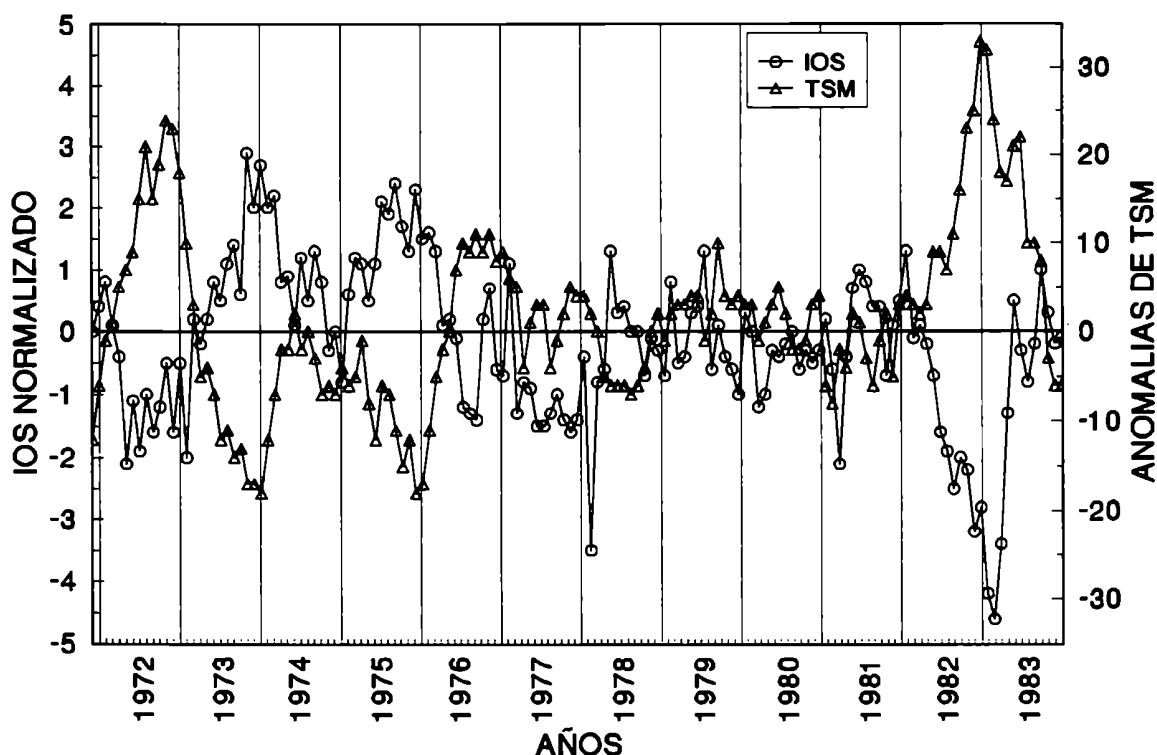


Figura 5.1: Índice de Oscilación Sur normalizado (IOS) versus anomalías de Temperatura Superficial del Mar (TSM).

5.2 Evento ENSO 1972-73:

Entre los meses de diciembre de 1971 y febrero de 1972, no se observó ningún indicio que predijera la presencia de un evento ENSO. En marzo de 1972, aguas anormalmente cálidas comienzan a afectar las costas de Perú, al mismo tiempo fuertes lluvias azotaron las zonas costeras lo cual hizo pensar en la presencia de un El Niño (Caviedes, 1975).

Este evento fue ampliamente documentado, no solo mediante los registros meteorológicos y oceanográficos sino también por que se contó por primera vez con información satelital para su estudio (Ramage, 1975).

El desarrollo del ENSO 1972-73 se ajustó a la descripción del evento típico dado por Rasmusson y Carpenter (1982) derivado de la composición de los episodios ocurridos entre 1950 y 1976. En este evento el IOS (Índice de Oscilación Sur: Tahiti menos Darwin) y las anomalías de

TSM se encontraron en estricta fase opuesta (figura 5.1) y la evolución de episodio cálido estuvo estrechamente acoplado y en fase con el ciclo anual (Wang, 1995).

Numerosas anomalías alrededor del mundo se han asociado a este episodio. Durante la primavera y el verano de 1972 en el Hemisferio Norte (HN) se observó mayor cantidad de ciclones tropicales alrededor de la islas Hawai que en el Atlántico Norte. Filipinas experimentó devastadoras inundaciones, mientras que Rusia y Nueva Guinea soportaron severas sequías y la lluvias debidas al monson de la India fueron deficitarias. Perú sufrió la peor inundación de los últimos 40 años previos al evento. En el otoño e invierno siguientes precipitaciones excepcionales azotaron baja California y los huracanes desbastaron las islas Ellice y Fije (Ramage, 1975).

El Niño 1972-73 fue más evidente en perturbaciones oceánicas y ecológicas que en el tradicional incremento de las precipitaciones en las costas de Pacífico este (Caviedes, 1988).

5.2.1 DATOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DEL EVENTO 1972-73:

Se analizan siete grupos de datos, tres veranos (diciembre, enero y febrero) con un total de 91 días para 1971-72 y para 1972-73 y 1973-74 con 90 días, dos inviernos (junio, julio y agosto) 1972 y 1973 con un total de 92 días para cada uno de ellos y dos años completos, 1972 (366 días) y 1973 (365 días).

5.2.2 RESULTADOS:

5.2.2.1 Campos de anomalías:

Este análisis es válido en la zona continental de área de estudio pero deben tomarse con precaución los resultados obtenidos sobre los Océanos ya que se cuenta con muy poca información.

Las anomalías de presión (fig. 5.2) durante el invierno de 1972 presentan valores negativos sobre la mayor parte del área continental estudiada, mientras que el invierno 1973 presenta anomalías positivas en casi toda el área.

Los veranos de 1972-73 y 1973-74 muestran un claro predominio de anomalías positivas en la mayor parte del área de estudio. El verano 1971-72 en cambio, muestra una gran área de anomalías negativas, con anomalías positivas al norte de Buenos Aires, sur de Entre Ríos y de Uruguay, en el NE de la Argentina (Misiones, Chaco y Formosa) y centro de Chile y centro oeste de Argentina.

ANOMALÍAS DE PRESIÓN

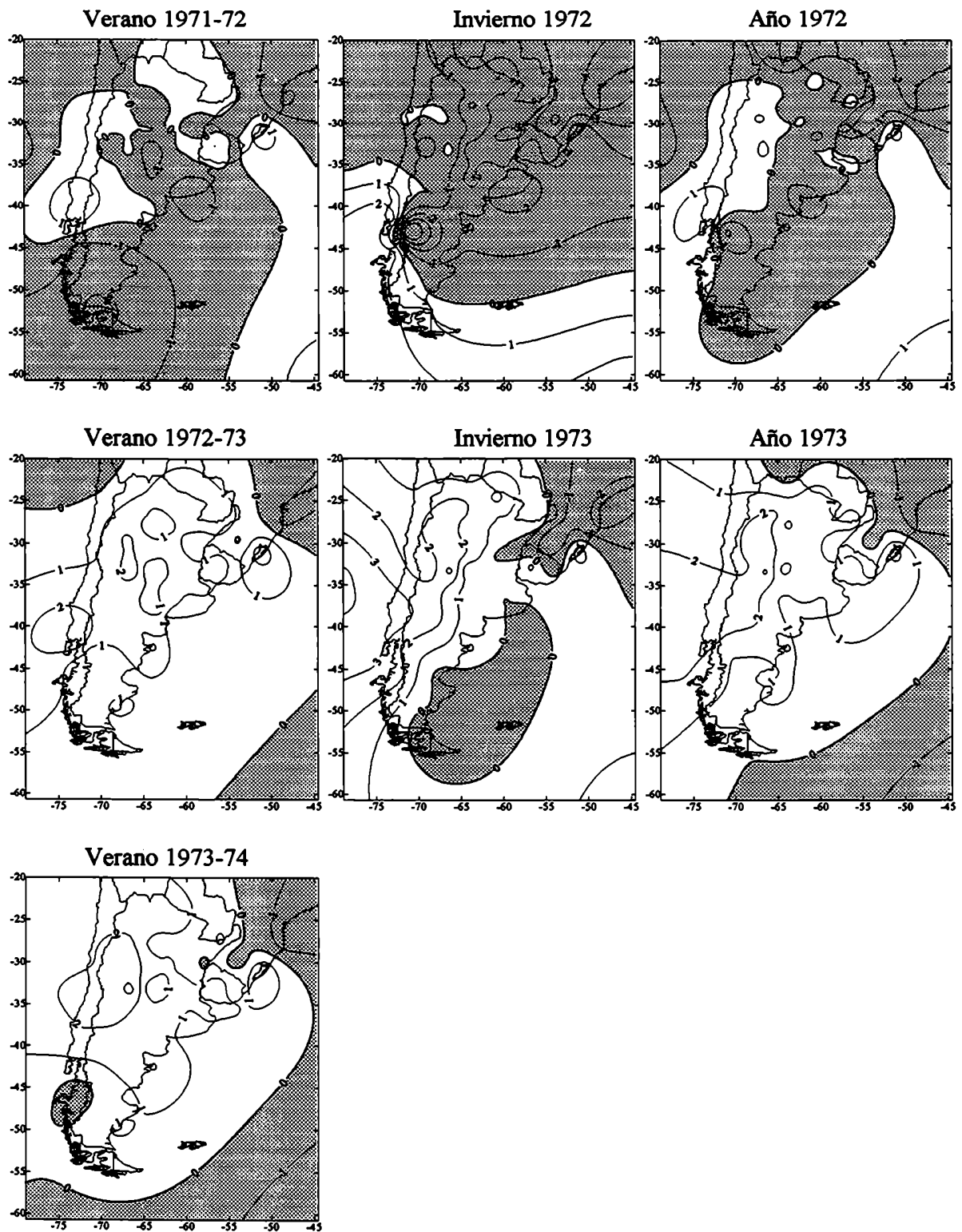


Figura 5.2: Anomalías de presión de los veranos 1971-72, 1972-73 y 1973-74, los inviernos 1972, 1973 y 1974 y los años 1972, 1973 y 1974 correspondientes al evento ENSO 1972-73

El campo de anomalías de presión correspondiente al año 1973 presenta un valores sobre lo normal dominando claramente el área de estudio con valores negativos en Islas Orcadas y sur de Brasil. El año 1972, en cambio, no muestra un tipo de anomalías dominantes. Se pueden observar anomalías opuestas en la región oeste al sur de 28°S y en el norte de Chile.

Las anomalías de temperatura (fig.5.3) en el invierno de 1972 presentan valores positivos al norte de 40°S con excepción de un sector en la zona central de Argentina y negativas al sur de 40°S aproximadamente.

El invierno 1973 presenta un predominio de anomalías negativas en la mayor parte del área estudiada, observándose anomalías positivas en algunos pequeños sectores aislados.

Los veranos 1971-72 y 1972-73 no presentan un tipo de anomalía dominante sobre el área de estudio. El verano 1971-72, muestra anomalías negativas en la Patagonia y centro y sur de Chile y sur de Brasil. El verano de 1972-73, presenta anomalías negativas en la región central de la Argentina (Buenos Aires, este de La Pampa, Entre Ríos y sur de Santa Fe), Río Negro, Chubut y Uruguay. El verano 1973-74, en cambio, muestra claramente anomalías negativas sobre la mayor parte del área de estudio.

Las anomalías anuales de temperatura muestran para 1972 valores negativos en la Patagonia y al sur de 35 grados en Chile y Mendoza, oeste de la provincia de Buenos Aires y Salta. A su vez, en 1973, existe un claro predominio de anomalías negativas sobre el área de estudio, valores sobre lo normal se observan en el sur de Brasil, este de la Patagonia, extremo norte del país y Norte de San Luis y Mendoza, Catamarca y Tucumán. Observándose zonas de anomalías opuestas de un año al otro al norte de 35°S en gran parte del área.

ANOMALÍAS DE TEMPERATURA

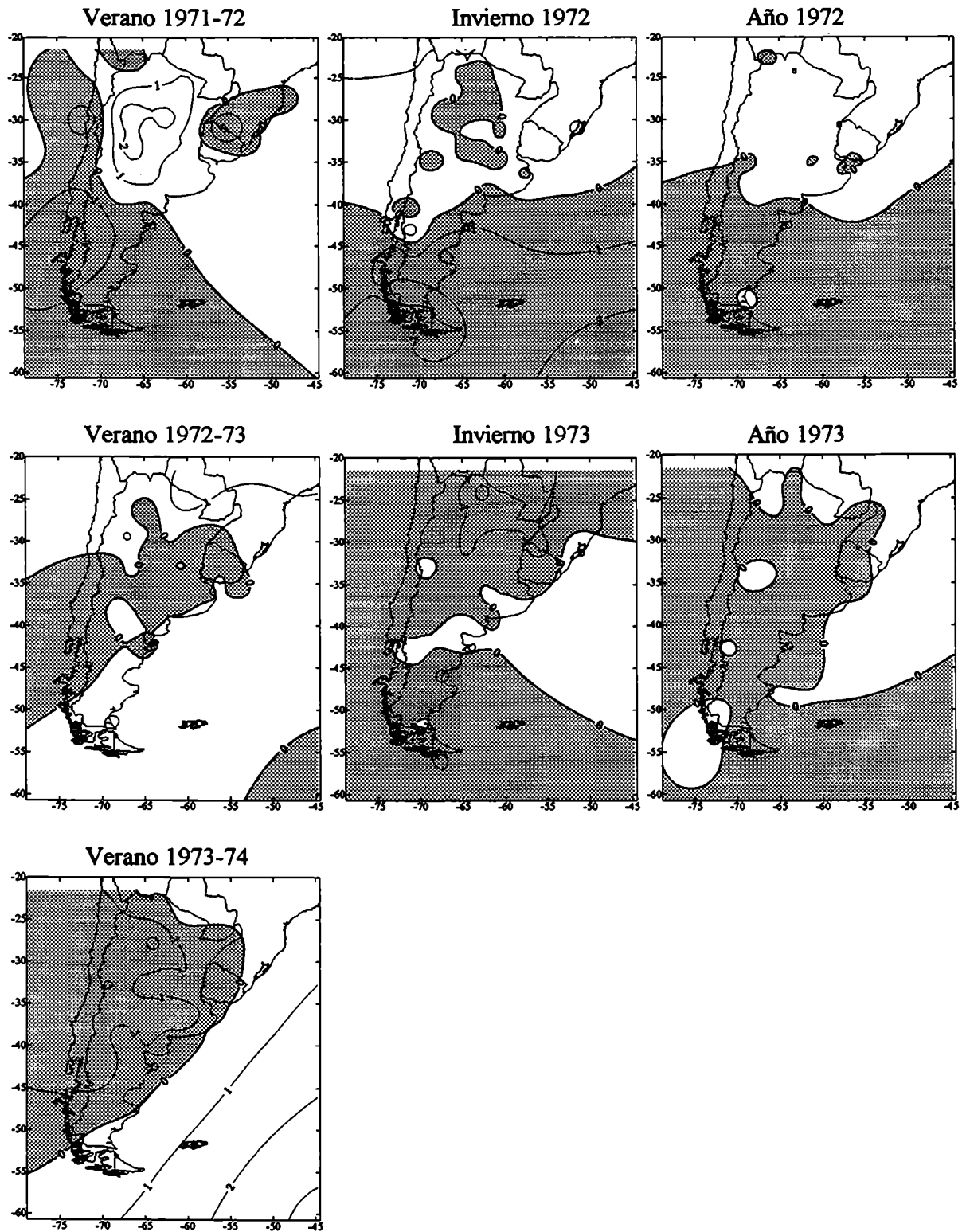


Figura 5.3: Anomalías de temperatura de los verano 1971-72, 1972-73 y 1973-74, los inviernos 1972, 1973 y 1974 y los años 1972, 1973 y 1974, correspondientes al evento ENSO 1972-73.

Las anomalías de precipitación (fig.5.4) durante invierno de 1972, presentan valores positivos en la mayor parte del área de estudio, hallándose anomalías negativas al SO y NO de Argentina y Chile y la parte central este del área.

En el invierno de 1973, se observa un máximo de anomalías negativas de precipitación en Neuquén y centro de Chile, y un máximo de anomalías positivas en la zona central de la Patagonia, en Santa Fe y sur de Brasil.

El verano de 1971-72 muestra anomalías negativas en la mayor parte del área de estudio presentando anomalías positivas en el NO del país, el sudeste de Brasil, este del Uruguay, Patagonia y Chile al sur de 40°S aproximadamente.

En el verano de 1972-73 y 1973-74 se observan anomalías positivas generalizadas en el área de estudio. En 1972-73 las anomalías negativas se presentan en Chile y en algunas áreas del oeste argentino, Islas Georgias y extremo NE argentino, mientras que en el verano correspondiente a 1973-74 las anomalías negativas se encuentran en norte de Argentina y Chile, en parte de la región central de Argentina y en el sur de la Patagonia.

Tanto 1972 como 1973, presentan anomalías anuales positivas en la mayor parte el área estudiada, observándose anomalías opuestas de un año al siguiente, en la región del NO argentino, Provincia de Buenos Aires, en la zona costera de Río Negro y en la región central de Chile

ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN

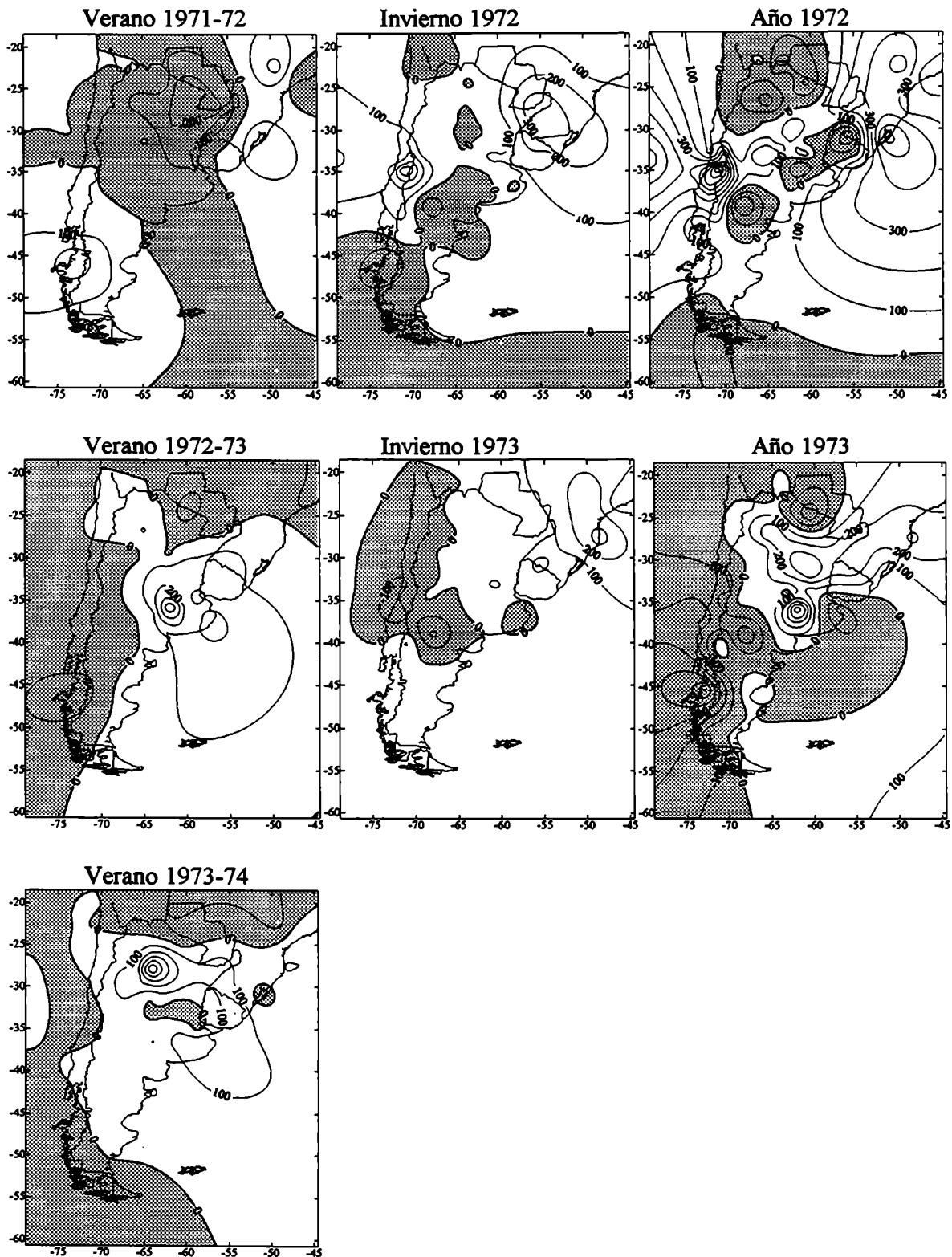


Figura 5.4: Anomalías de precipitación de los verano 1971-72, 1972-73 y 1973-74, los inviernos 1972, 1973 y 1974 y los años 1972, 1973 y 1974, correspondientes al evento ENSO 1972-73.

5.2.2.2 Características de los campos de presión:

Los modelos correspondientes a las primeras 6 CPs que se presentan en las figuras 5.5, 5.6 y 5.7, representan más del 89% de la varianza total explicada y están dispuestos en orden de varianza decreciente (tabla 5.1).

La distribución espacial de cada CPs puede ser interpretada en sus dos posibilidades, la fase positiva y la fase negativa, es así que los modelos dados por las CPs. podrán representar dos diferentes situaciones sinópticas, el tipo y su inverso, ambos con la misma forma y signo opuesto. Para componentes de peso positivos los campos de presión tendrán el mismo signo que el modelo tipo de las figuras 5.5, 5.6 y 5.7, es decir altas presiones en las áreas determinadas por isolineas llenas y bajas para las isolineas a trazos. Los inversos son aquellos que presentan estructura espacial de signo opuesto a los de la figura 5.5, 5.6 y 5.7 (es decir bajas presiones en las áreas determinadas por isolineas llenas) y los campos diarios de presión que se asemejan a esta estructura de inverso son aquellos que tiene componentes de peso negativas.

Las estructuras de los seis primeros modelos de la figura 5.5, 5.6 y 5.7 resultan semejantes a las obtenidas para el análisis climático-sinóptico mensual presentado en el capítulo 4, figuras 4.2 a 4.13. Como se comprobó, los modelos resultantes y sus inversos corresponden a situaciones sinópticas conocidas por los meteorólogos dedicados al pronóstico del tiempo. En el capítulo 4, se encuentra una descripción de los tipos sinópticos derivados, sus características, su varianza explicada y la variación de los mismos a través del ciclo anual.

El modelo A corresponde a la 1ªCP y explica más del 50% de la varianza total (ver tabla 5.1). Solo una posibilidad corresponde a situaciones sinópticas reales, esta es la que presenta altas presiones al norte de 40°S (anticiclones semipermanentes de los océanos Atlántico y Pacífico) y bajas presiones en latitudes correspondientes a los oestes, esta topografía es similar al campo medio de presión de superficie. La situación inversa con estas al sur de 40°S explica varianza casi nula en todas las muestras analizadas (ver tabla 5.1, modelo A con %Var-) indicando que no corresponde a situaciones reales dentro de la muestra estudiada.

Los restantes modelos y sus inversos semejan a situaciones sinópticas que representan perturbaciones al flujo básico dado por el modelo A.

Los modelos tipo B a F, que corresponden a altas presiones en los valores positivos (líneas llenas) representan a distintos tipos de anticiclones post-frontales que afectan el área de estudio. Entre ellos, el dado por el tipo B esta asociado a las mayores advecciones de aire frío y seco, tal que en invierno puede llegar a producir heladas en el sur de Brasil.

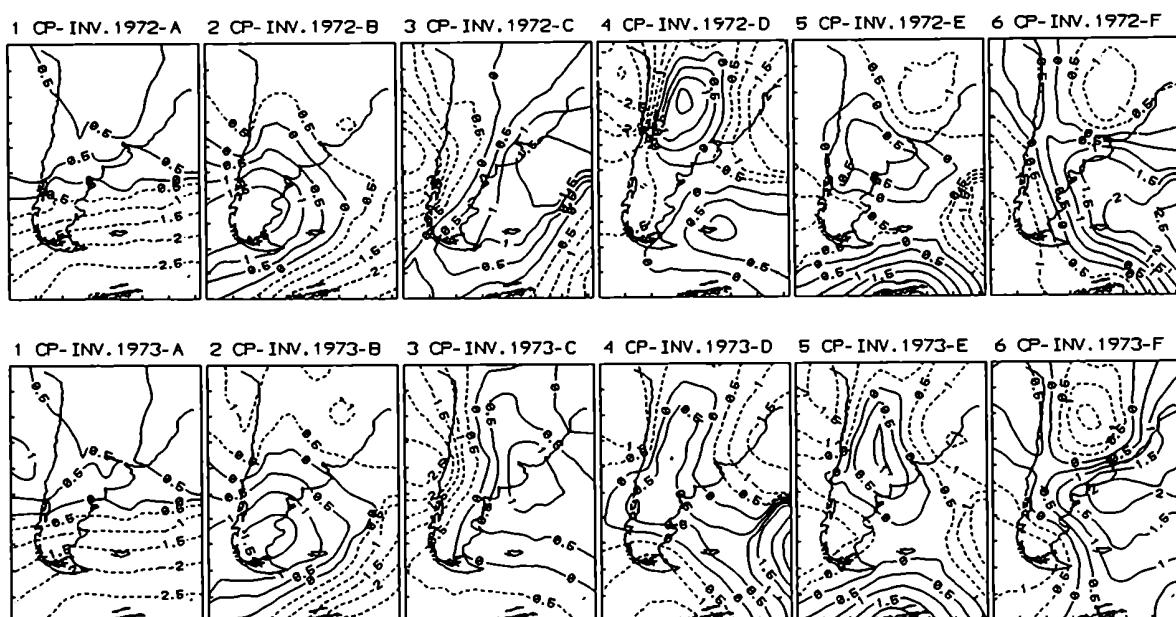


Figura 5.5: Modelos correspondientes a las 6 primeras CPs de las muestras de invierno de 1972 y 1973 asociadas al evento ENSO 1972-73.

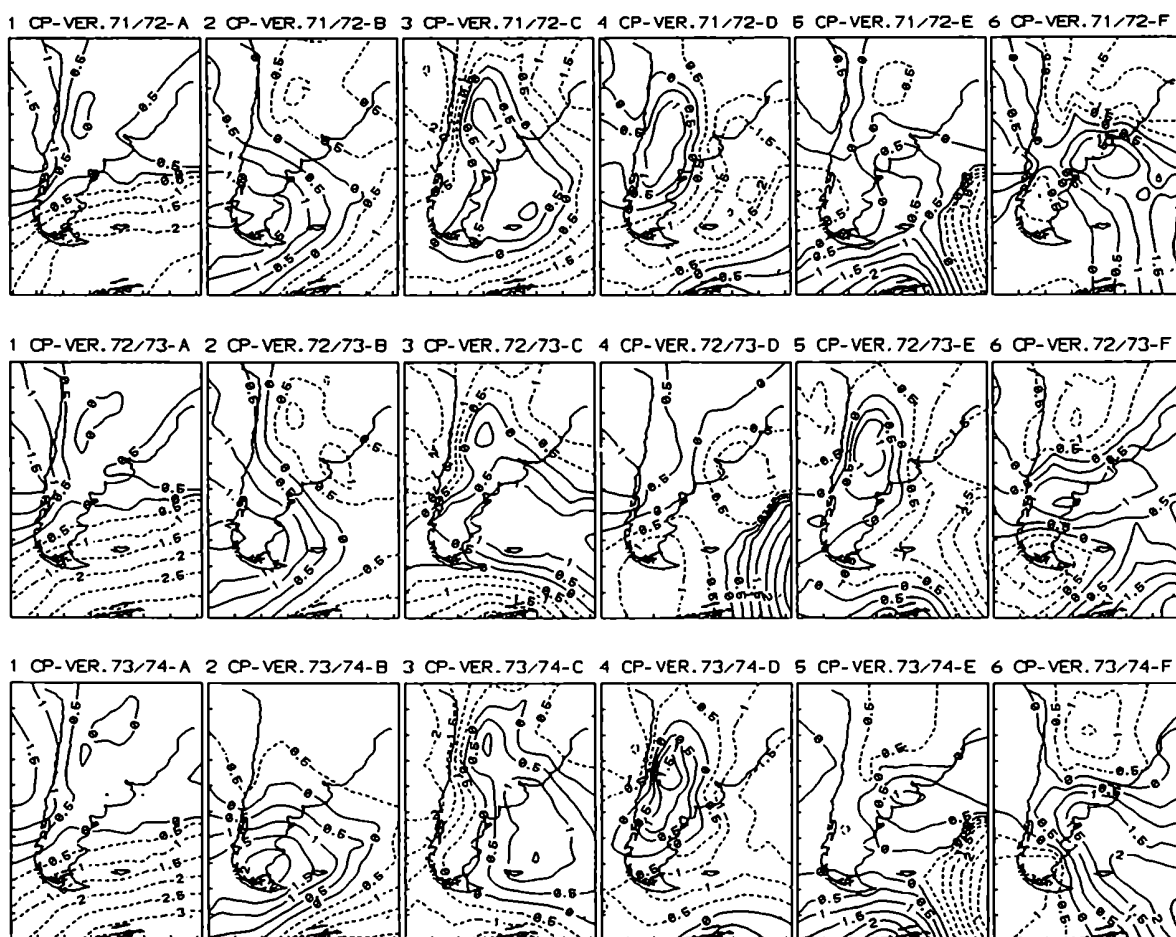


Figura 5.6: Modelos correspondientes a las 6 primeras CPs de las muestras de verano de 1971-72, 1972-73 y 1973-74 asociadas al evento ENSO 1972-73.

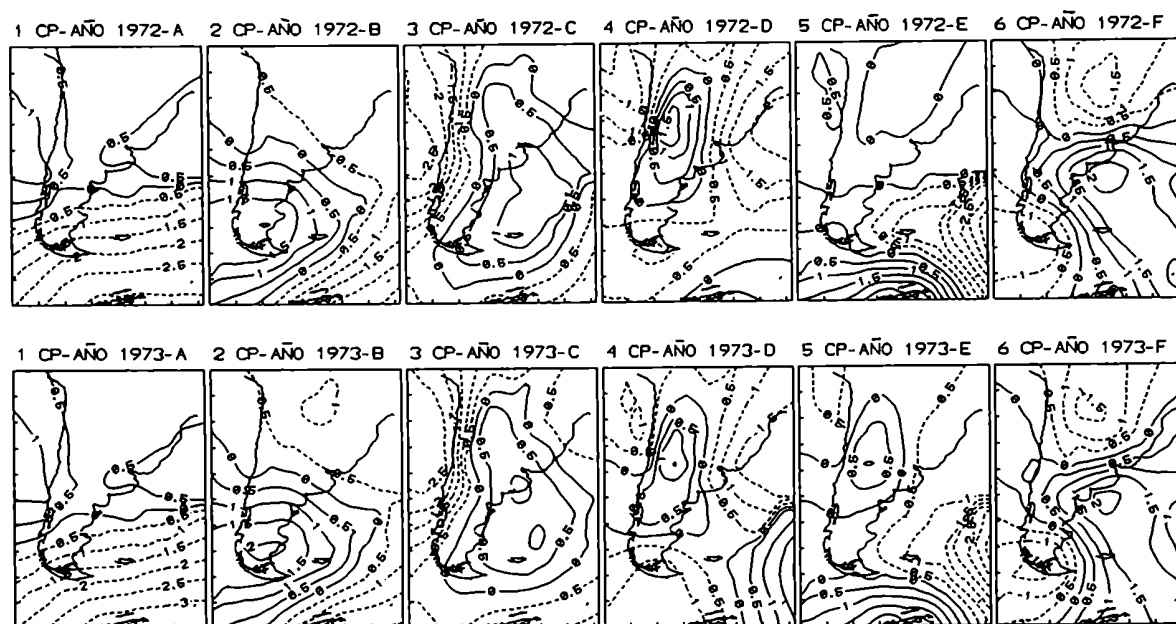


Figura 5.7: Modelos correspondientes a las 6 primeras CPs de las muestras anuales de 1972 y 1973 asociadas al evento ENSO 1972-73.

Los modelos inversos al B, C, D y E (áreas con valores positivos corresponden a bajas presiones) representan los sistemas de baja presión generalmente asociados a frentes fríos que cruzan el área continental. La situación sinóptica asociada al modelo inverso B, corresponde a frentes que afectan al sector Patagónico, mientras en las correspondientes al modelo inverso C los frentes pueden alcanzar el NE de Argentina y sur de Brasil.

Las varianzas explicadas por los modelos (%Var+), por sus inversos (%Var-) y varianza acumulada por las CPs se encuentran en la tabla 5.1.

El rasgo más notable es la diferencias de varianzas explicada por el modelo A tipo. Como mostraron los resultados obtenidos en el capítulo 4, para el análisis del ciclo anual, durante los meses de verano este tipo sinóptico explica mayor varianza que en los inviernos. También se observa diferencia de varianzas explicadas entre los dos inviernos, entre los tres veranos y entre las muestras anuales.

En los inviernos (fig. 5.5), la varianza explicada por el modelo A para 1972 (51.2%) es menor que en 1973 (58.5%) y menor aún que el mínimo “climático” dado por el valor de julio (56.3%) para el período completo 1972-1983 (ver Capítulo 4). Estos resultados indican que la circulación estuvo más perturbada en el invierno de 1972 conjuntamente con la presencia de IOS negativos y anomalías de TSM positivas, mientras que al invierno de 1973 le corresponden las características opuestas.

Considerando los patrones de anomalías de presión de ambos inviernos podemos ver que el invierno de 1972 presenta una gran anomalía negativa (fig.5.2), que esta en acuerdo con las mayores varianzas explicadas por los modelos B, C, D, y E para bajas presiones (%Var-), comúnmente asociadas a sistemas frontales. Puede verse en la tabla 5.1 que el modelo B inverso (%Var-) explica casi el doble de varianza en el invierno de 1972 (6.9%) con respecto a la explicada en el invierno de 1973 (3.7%).

Por otra parte, el invierno de 1973 presenta generalizadas condiciones más frías que el invierno de 1972, lo cual podría deberse a las mayores varianzas explicadas por el modelo B tipo (%Var+) asociado a alta post-frontal con advección de aire frío y seco, mientras que, en el invierno de 1973 esta situación corresponde al 10.1% de la varianza y en 1972 es de 9.5%. Estas diferencias no son tan grandes como las dadas por el modelo B inverso (%Var-) entre ambos inviernos.

Los veranos (fig. 5.6), muestran un esquema de variabilidad que no fue posible asociar en forma directa con las características imperantes en el Pacífico ecuatorial. Podemos ver en la tabla 5.1 que las varianzas explicadas por el modelo A en los veranos 1972-73 (66.6%, igual al valor máximo de la onda anual, obtenido para febrero 1972-83, Capítulo 4) y 1973-74 (66.8%) son similares, pero las características para estos periodos en el Pacífico Ecuatorial son opuestas, esto es IOS y anomalías de TSM de signos contrarios en ambos veranos. Verano 1972-73 con IOS negativo y TSM positiva corresponde a la fase madura del episodio cálido del ENSO. Por otra parte, el verano 1973-74 con IOS positiva y TSM negativa pertenece a la fase madura del episodio frío.

Si se considerarán solamente estos resultados, se podría pensar que los veranos no reflejan en la circulación del cono sur de las anomalías ocurrida en el Pacífico Ecuatorial. Pero si se consideran los patrones de anomalías de ambos, veranos descriptos previamente en la sección anterior y que se muestran en la figura 5.2, se puede ver que aunque los patrones de anomalías de presión sean iguales en ambos veranos, los patrones de temperatura difieren evidenciando que el verano 1973-74 fue mucho mas frío que el 1972-73 (fig. 5.3). La mayor varianza explicada por el modelo B tipo en el verano 1972-73, que corresponde a situaciones de altas post-frontales con advección de aire seco y frío, explicaría estas diferencias. En el verano 1973-74 la varianza explicada por este modelo es de 8.4% (mayor que los valores obtenidos para el ciclo anual, 7.4%, 7.4% y 7.1%, capítulo 4), mientras que para el verano 1972-73 es menor (menor aún que los obtenidos para el ciclo anual, 5.9%). La inferencia se ve reforzada por los resultados de la varianza explicada por el modelo B inverso, que corresponde a pasajes frontales sobre el área, para el verano 1973-74 la varianza explicada por este modelo es de 6.7%, valores superiores a los “climáticos”

correspondientes al verano que varían entre 4.6% y 4.9% (ver capítulo 4) y que corresponde al doble de la varianza explicada en el verano 1972-73 que es de sólo 3.4%.

En el año (fig. 5.7), la varianza explicada por el modelo A en 1973 (evento frío) es de 64.6%, valor mayor que para 1972 (58.2%), indicando que durante el evento cálido la circulación estuvo más perturbada. Resultado concordante con la necesidad de mayor transferencia de calor del Ecuador al Polo, que ocurre en los años de evento cálido, proceso que según van Loon (1979) en el HS ocurre principalmente mediante las perturbaciones transientes

Las anomalías anuales de precipitación (fig. 5.4), presentan en ambos casos importantes anomalías positivas en la región este y NE, siendo en 1973 más extensas e intensas que en 1972. Una hipótesis es que la circulación en 1973 presentó un mayor porcentaje de varianza explicada por el modelo A, indicando que este patrón fue más persistente que el año anterior, lo cual posibilitó la mayor entrada de aire húmedo desde el Atlántico. Así mismo, el modelo muestra en 1973 que el anticiclón se halla un poco desplazado hacia el sur con respecto a 1972.

TABLA 5.1: Varianza explicada por las 6 primeras CPs en los casos de Altas o Bajas presiones para el área del modelo con valores positivos (tipo de la figura 5.4 o inverso).

PC	VERANO 1971-72				VERANO 1972-73			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	60.7	0.0	60.7	A	66.6	0.0	66.6
2	B	10.2	3.8	74.7	B	5.9	3.4	75.9
3	C	3.8	3.7	82.2	C	2.5	3.6	82.0
4	D	2.0	2.1	86.3	D	2.6	2.0	86.6
5	E	1.5	1.3	89.1	E	2.0	2.1	90.7
6	F	0.8	0.7	90.6	F	1.2	1.1	93.1

VERANO 1973-74				
PC	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	66.8	0.0	66.8
2	B	8.4	6.7	81.9
3	C	2.0	2.7	86.6
4	D	1.1	1.5	89.2
5	E	1.2	1.0	91.4
6	F	1.1	0.6	93.1

PC	INVIERNO 1972				INVIERNO 1973			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	51.2	0.4	51.6	A	58.5	0.9	59.4
2	B	9.5	6.9	68.0	B	10.1	3.7	73.2
3	C	3.8	4.7	76.5	C	2.6	4.3	80.1
4	D	1.7	4.1	82.3	D	1.6	3.3	85.0
5	E	2.7	1.8	86.8	E	2.2	1.5	88.7
6	F	2.0	1.5	90.3	F	1.1	1.4	91.2

PC	AÑO 1972				AÑO 1973			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	58.2	0.1	58.3	A	64.6	0.1	64.7
2	B	8.2	5.7	72.2	B	6.9	4.8	76.4
3	C	2.8	3.4	78.4	C	2.3	3.2	81.9
4	D	2.1	2.7	83.2	D	2.6	1.9	86.4
5	E	2.1	1.5	86.8	E	1.6	2.1	90.1
6	F	1.3	1.2	89.3	F	1.1	0.9	92.1

5.2.2.3 Relación entre los porcentajes de varianza, el IOS y el índice de TSM

TABLA 5.2:

	VERANO 1971-72	INVIERNO 1972	VERANO 1972-73	INVIERNO 1973	VERANO 1973-74
% Mod. A	60.7	51.2	66.6	58.5	66.8
IOS	0.4	-1.3	-1.37	0.8	2.23
TSM	-6.33	15.0	17.0	-10.0	-15.67

	AÑO 1972	AÑO 1973
% Mod. A	58.2	64.6
IOS	-0.84	1.58
TSM	11.0	-5.75

En la tabla 5.2 se puede observar que existe relación entre el IOS y el porcentaje de varianza explicado por el modelo A para los inviernos y para las muestras anuales. Cuando el IOS es bajo, el porcentaje de varianza explicado por la 1ª CP es menor que cuando el IOS es alto. Esto estaría indicando que los modelos asociados a la perturbaciones transientes adquieren mayor importancia. No se observa una relación de este tipo en los veranos.

Dado que son las perturbaciones transientes la responsables del intercambio de calor Ecuador - Polo en el H.S (van Loon, 1979), esto indica que este intercambio es mayor durante la temporada de invierno cuando existe mayor diferencia de temperatura entre el Ecuador y el Polo, viéndose favorecido por el hecho de que la temperatura del océano en el Pacífico Ecuatorial es mayor debido a la fase cálida del evento ENSO.

5.2.2.4 Análisis de los espectros:

A fin de analizar los ciclos y cuasi-ciclos de la circulación de superficie, se aplicó el análisis espectral de Tukey con ventana de Parzen a las series de tiempo de los factores de peso para las tres primeras CPs de cada muestra. El nivel de significancia de Markov considerado fue del 90%.

En las figuras 5.8, 5.9 y 5.10 se encuentran graficadas las densidades espectrales normalizadas por las varianzas respectivas y suavizadas ($R(f)*100$), lo que permite comparar resultados para distintos períodos muestrales que tengan distinta varianza.

Espectros del invierno: (fig. 5.8)

En general estos resultados confirman lo dicho en la sección previa, es decir que para las tres componentes el invierno de 1972 presente ondas significativas más cortas que el invierno de 1973, indicando con ello una circulación más perturbada.

La primer componente correspondiente al invierno de 1972 presenta ondas significativas entre 3.33 y 3.16 días y la del invierno de 1973 presenta ondas entre 5.45 y 4.62 días.

El espectro de la segunda componente de 1972 presenta ondas significativas entre 4.62 y 4 días y el invierno de 1973 entre 5 y 3.75 días.

La tercer componente para 1972 presenta una única onda significativa al 90% en 4.29 días, el invierno de 1973 presenta una onda entre 4.62 y 4 días.

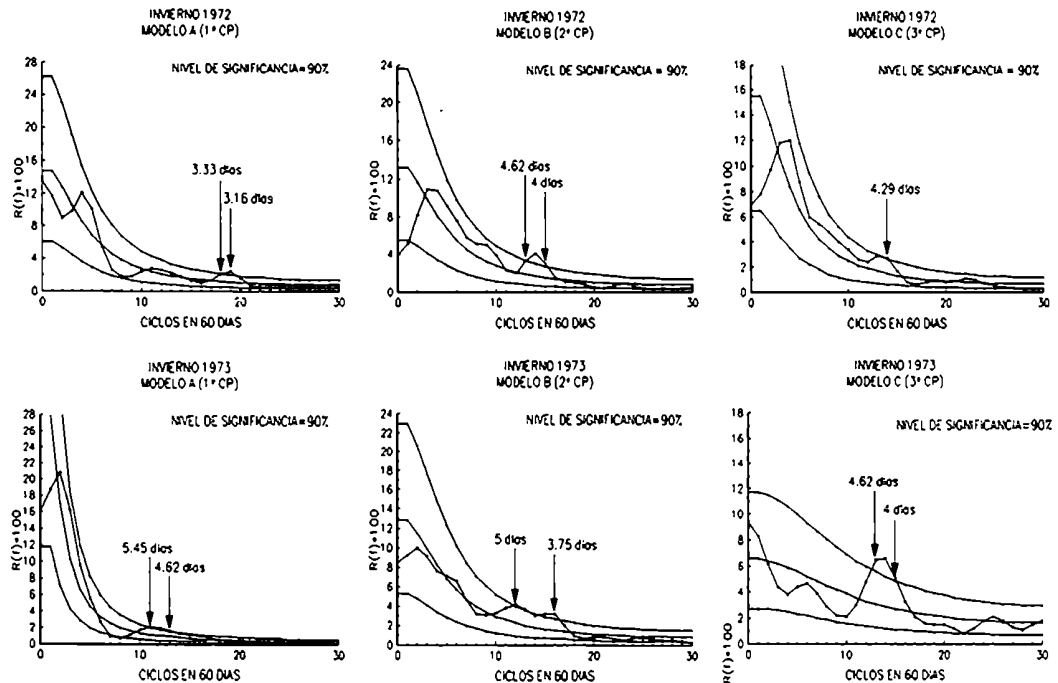


Figura 5.8: Espectros de los inviernos 1972 y 1973 de los modelos A, B, y C correspondientes al episodio ENOS 1972-73.

Espectros de verano: (fig.5.9)

La primer componente correspondiente a los espectros de verano (diciembre, enero y febrero) de 1971-72 presenta ondas significativas entre 4 días y 3.5 días. Para 1972-73 existe una sola onda significativas en 10 días y para 1973-74 ninguna onda resultó ser significativa. Esto indicaría que el verano de 1971-72 fue más perturbado que los dos veranos siguientes. Este resultado coincide con las varianzas explicadas por el primer modelo que es menor para el verano 1971-72 (60.72%) y mayor para los veranos 1972-73 (66.58%) y 1973-74 (66.82%) lo que denotaría más persistencia en presencia del flujo básico para estos dos últimos veranos.

Los espectros correspondientes a la segunda componente, presentan en todos los casos ondas significativas. El verano 1971-72 entre 4 y 3.3 días, el de 1972-73 entre 5.45 y 4.6 días y el de 1973-74 entre 6 y 5 días.

El espectro de la tercer componente, no presenta ondas significativas para el verano 1971-72, pero si en el caso de los otros dos. El verano 1972-73 muestra una onda significativas en 5 días y el verano 1973-74 en 3.75 días.

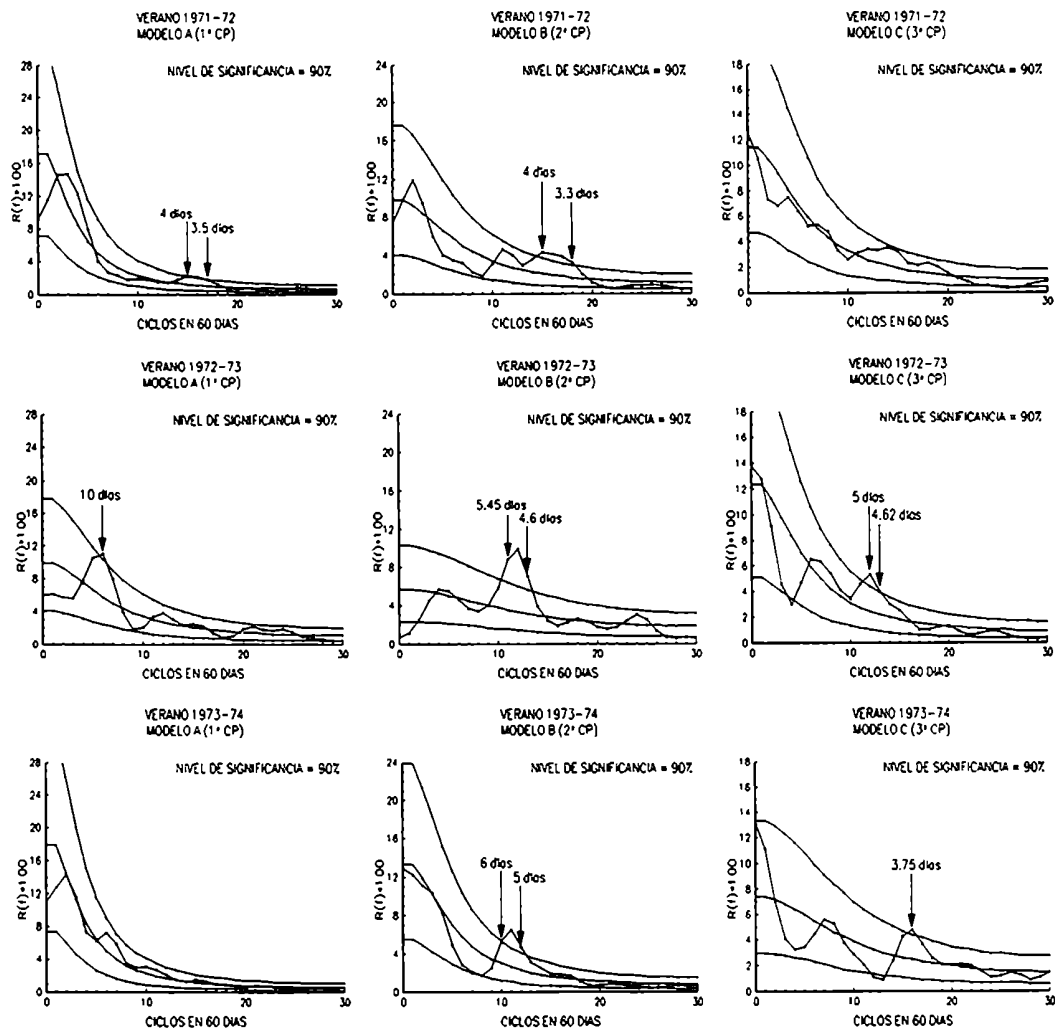


Figura 5.9: Espectros de los veranos 1971-72, 1972-73 y 1973-74 de los modelos A, B, y C correspondientes al episodio ENOS 1972-73.

Espectros anuales: (fig.5.10)

El modelo A, presenta en 1972 picos significativos entre 15 días, 6.4 y 3.2 días, mientras que 1973 se encuentran entre 30, entre 6.15 y 5.58 días, 4.1 y 2.4 días. Como se ve el año 1973 abarca una gama más amplia de ondas significativas que 1972.

Para el serie de tiempo del modelo B, el año 1972 presenta un rango más amplio de ondas significativas que el de 1973.

La serie de factores de peso de la 3° CP, muestra en 1973 máximos espectrales en una gama más amplia que en 1972, mientras que en 1973 encontramos máximos para ondas largas (240 días) y para ondas cortas (2.35 días) en 1972 encontramos que el rango que abarca desde 7.5 a 3.5 días.

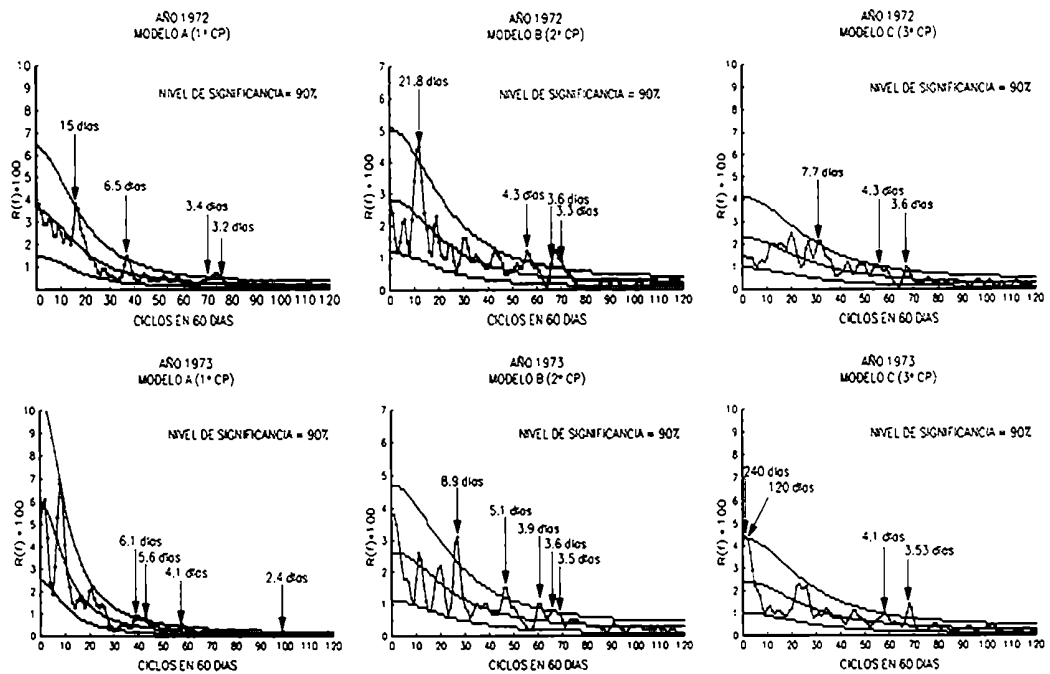


Figura 5.10: Espectros de los modelos A, B y C de los años 1972 y 1973 correspondientes al evento ENOS 1972-73.

5.2.2.5 Discusión y Conclusiones:

El invierno 1973 que tiene mayor valor del IOS es menos perturbado (mayor porcentaje de varianza explicada por el modelo A y ondas más largas) que el invierno 1972 que tiene menor valor del índice.

En rasgos generales, los patrones de anomalías de presión y temperatura presentan características opuestas de un invierno a otro.

Así mismo, podemos observar que existe una correspondencia entre lo que sucede en el Pacífico Ecuatorial y estos los campos de anomalías. En el invierno de 1972 el campo de anomalías de presión presenta valores menores que cero en la mayor parte del área de estudio mientras que en 1973 tiene valores mayores que cero, esto concuerda con los valores de correspondientes al IOS (calculado de acuerdo a Trenberth 1984) que en 1972 presentan valores negativos (-1.1 en junio, -1.9 en julio y -1 en agosto) y en el invierno de 1973 positivos (0.8, 0.5 y 1.1). Las anomalías de temperatura también muestran un comportamiento similar, en el invierno de 1972 presentan valores positivos en la mayor parte del área de estudio e inversamente en el de 1973 se observan anomalías negativas en la mayor parte del área, el índice de anomalías de TSM para el área 4°N/4°S y 150°W/90°W presentan valores positivos en 1972 (0.9, 1.5 y 2.1) y negativos en 1973 (-0.7, -1.2, -1.1) (Trenberth, comunicación personal).

Los patrones de precipitación resultaron similares en ambos inviernos excepto en el área central de la cordillera de los Andes y Chile que tiene anomalías positivas en el invierno de 1972 y negativas en el de 1973. La tendencia a valores sobre lo normal de precipitación para eventos El Niño en la zona central de Chile fue primeramente notada por Quinn y Neal (1983) y posteriormente Compagnucci (1989) encontró una extensión de los resultados para la Cordillera de los Andes y pedemonte argentino, esto es que toda el área cordillerana entre 30°S y aproximadamente 40°S y el centro de Chile presentan en general máximos de precipitación en los inviernos de ENSO y mínimos en los de eventos fríos.

Por otra parte, en los veranos los patrones de anomalías de las tres variables consideradas, no parecen seguir una estructura comparable de un período estival a otro. El verano del año cero (diciembre de 1972, enero y febrero de 1973) presenta en el sector de la Pampa Húmeda, Uruguay y sur de Brasil anomalías positivas de precipitación resultado que concuerda con el trabajo de Ropelewski y Harper (1987), pero inversamente a lo esperable de acuerdo con los resultados de Ropelewski y Harper (1987) para eventos La Niña, esa área vuelve a mostrar anomalías positivas en el siguiente verano para el cual ambos índices invirtieron su fase y corresponden a anomalía fría del Pacífico Ecuatorial sumado a IOS positivo.

5.3 Evento ENSO 1976-77 y el evento “La Niña” de 1975:

En el período comprendido entre enero de 1976 y diciembre de 1977 se registraron diversas anomalías que fueron adjudicadas a la ocurrencia de un evento ENSO. Sin embargo, las perturbaciones asociadas a este evento presentaron características atípicas con respecto a las ocurridas en otros episodios.

Schönher y Nicholson (1989), quienes examinaron la precipitación en California para el período 1950-1982, encuentran que la condición de sequía extrema que caracterizó al año 1976 poco tiene que ver con las condiciones de precipitación normal o sobre lo normal que presentaron los restantes eventos estudiados.

Estoque y otros (1985), quienes estudian la precipitación en Panamá para los 13 episodios ENSO ocurridos entre 1920 y 1983, encuentran que la disminución de la precipitación con respecto a los valores normales es de aproximadamente el 8% en los años de evento ENSO, registrándose en 1976 una disminución del 28%.

Ramage (1986), menciona que el invierno de 1976 se caracterizó por ser anormalmente frío en Norte América.

Fu y otros (1986), quienes analizan los perfiles zonales de temperatura superficial del mar en el área del Océano Pacífico Ecuatorial (4°N - 4°S y 120°E - 80°W) para los eventos ocurridos entre 1940 y 1983, encuentran que el episodio de 1976 presenta un modelo distinto a los 2 modelos principales hallados.

Para el sur de Sudamérica, Compagnucci (1989) observó que en los Andes Centrales, entre 30°S y 40°S, las precipitaciones níveas durante los inviernos asociados al ENSO son normales o abundantes; en el invierno de 1976 éstas fueron mínimas mientras que en el de 1977 los valores fueron elevados con respecto a la media.

Existen discrepancias entre los autores en cuanto a la intensidad del evento ya que Ramage (1986) Quinn (1992) y Wang (1995), entre otros, lo consideraron moderado, Estoque y otros (1985) fuerte y Karoly (1989) débil.

También existen diferencias de opinión respecto al período de duración de ENSO: Francou y Pizarro (1985), Ramage (1986) y Karoly (1989), entre otros, consideraron ambos años (1976 y 1977) mientras Rasmusson y Carpenter (1982), Trenberth (1984), Fu y otros (1986), Kiladis y van Loon (1988) y Quinn (1992) y otros tuvieron en cuenta sólo 1976 como evento ENSO. Estas discrepancias entre los autores podrían ser atribuidas al comportamiento atípico del Índice de Oscilación Sur (IOS) y del índice de Temperatura Superficial de Mar (TSM) durante 1976 y 1977.

La marcha mensual del IOS y del TSM en las zonas Niño 1+2 y Niño 3 (figura 5.1) muestran para los años 1976 y 1977 máximos de TSM entre junio de 1976 y enero de 1977 y valores negativos de IOS de julio a septiembre de 1976 y a partir de marzo de 1977. Ambas series no se encuentran en estricta fase opuesta como es usual durante los eventos ENSO (Trenberth, 1989).

El evento 1976/77 fue precedido por un episodio frío o “La Niña” ocurrido durante 1975 (Kiladis y van Loon, 1988)

5.3.1 DATOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DEL EVENTO 1976-77 Y LA NIÑA 1975:

Son analizados los veranos (diciembre a febrero) con un total de 91 días para 1975-76 y 90 para 1976-77, los inviernos (junio a agosto) para 1975, 1976 y 1977 con un total de 92 días cada uno de ellos y los años 1976 (con 366 días), 1975 y 1977 (365 días cada uno).

5.3.2 RESULTADOS

5.3.2.1 Campos de anomalías:

En este análisis deben tomarse con precaución los resultados obtenidos sobre los Océanos ya que se cuenta con muy poca información en la zona.

Las anomalías de presión (fig. 5.11), presentan durante el invierno de 1977 un claro predominio de valores bajo lo normal sobre el área de estudio, mientras que no se puede decir lo mismo en los casos de los inviernos de 1975 y 1976 donde se observan extensas anomalías positivas. Observamos un comportamiento simétricamente inverso de las anomalías de los inviernos 1975 y 1976 con respecto a 1977, con signos opuestos en el centro y NE del área.

Durante el verano de 1975-76 (fig. 5.11) se observan un predominio de anomalías positivas con anomalías negativas en la Patagonia al sur de 43°S, La Pampa y sur de Córdoba y sur de Buenos Aires. El invierno 1976-77, muestra anomalías positivas generalizadas sobre el continente, anomalías negativas se observan al oeste de la Patagonia, La Pampa y sur de Córdoba; centro, sur y el extremo norte de Chile.

El campo de anomalías de presión correspondiente al año 1976 se encuentra dominado por valores sobre lo normal, presentando centros aislados de anomalías negativas en el sur de Brasil, sur y norte de Chile, Río Cuarto, Bahía Blanca e Islas Orcadas. Los años 1975 y 1977 no parecen presentar anomalías dominantes, observándose valores negativos en la Patagonia, sur de Córdoba y este de La Pampa, Sudoeste de Brasil y Noroeste de Uruguay.

ANOMALÍAS DE PRESIÓN

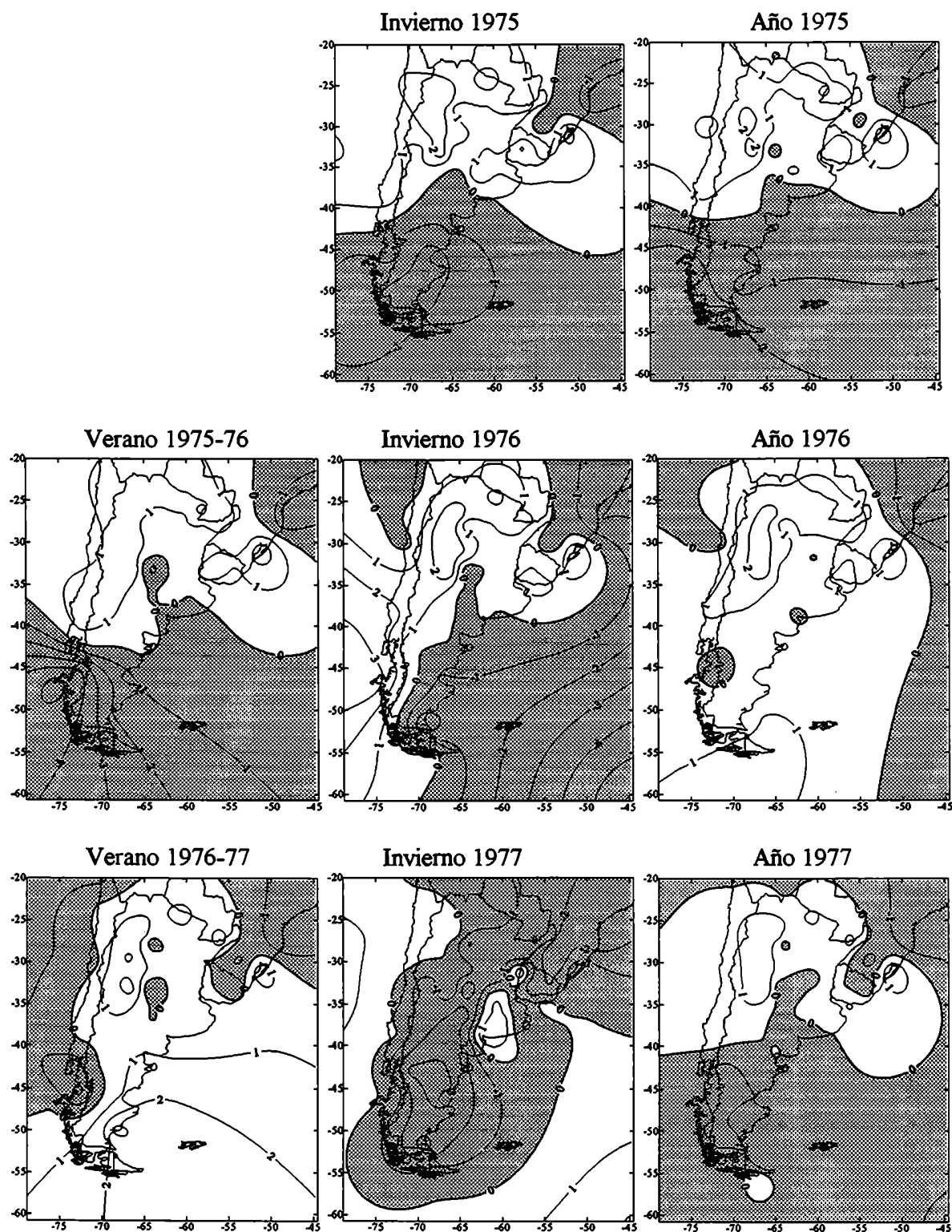


Figura 5.11: Anomalías de presión de los veranos 1975-76 y 1976-77, los inviernos 1975, 1976 y 1977 y los años 1975, 1976 y 1977.

Las anomalías de temperatura (fig. 5.12): El invierno de 1975 muestra anomalías positivas en el centro y sur del área continental, valores positivos en Patagonia hasta al norte de Tierra del Fuego, en el NNE de la República Argentina y en parte de las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, La Pampa, San Luis, Tucumán y Catamarca, el invierno de 1976 valores negativos abarcan casi todo el área, mientras que en el invierno de 1977 se observa el predominio de anomalías positivas.

En el verano de 1975-76 las anomalías de temperatura (fig. 5.12) negativas abarcan gran parte del área de estudio, hallándose anomalías positivas en el norte de Brasil y Argentina y sur de Bolivia, sur de Uruguay, sur de Entre Ríos y Santa Fe, Córdoba, San Luis y La Rioja, sur de Buenos Aires y La Pampa y sur de Santa Cruz. El verano 1976-77 presenta anomalías negativas que abarcan la mayor parte del área de estudio, con excepción de la región al norte de 25°S y oeste de Uruguay. Se observa, en general, anomalías negativas de temperatura en los veranos de 1975-76 y 1976-77.

El año 1975 presenta anomalías positivas sobre la mayor parte del área continental de la Argentina, observándose anomalías negativas sobre Chile y sur de Brasil. El año 1976 presenta anomalías de temperatura negativas en la mayor parte del área, en contraposición el año 1977 muestra anomalías positivas que abarcan casi totalmente la región estudiada.

ANOMALÍAS DE TEMPERATURA

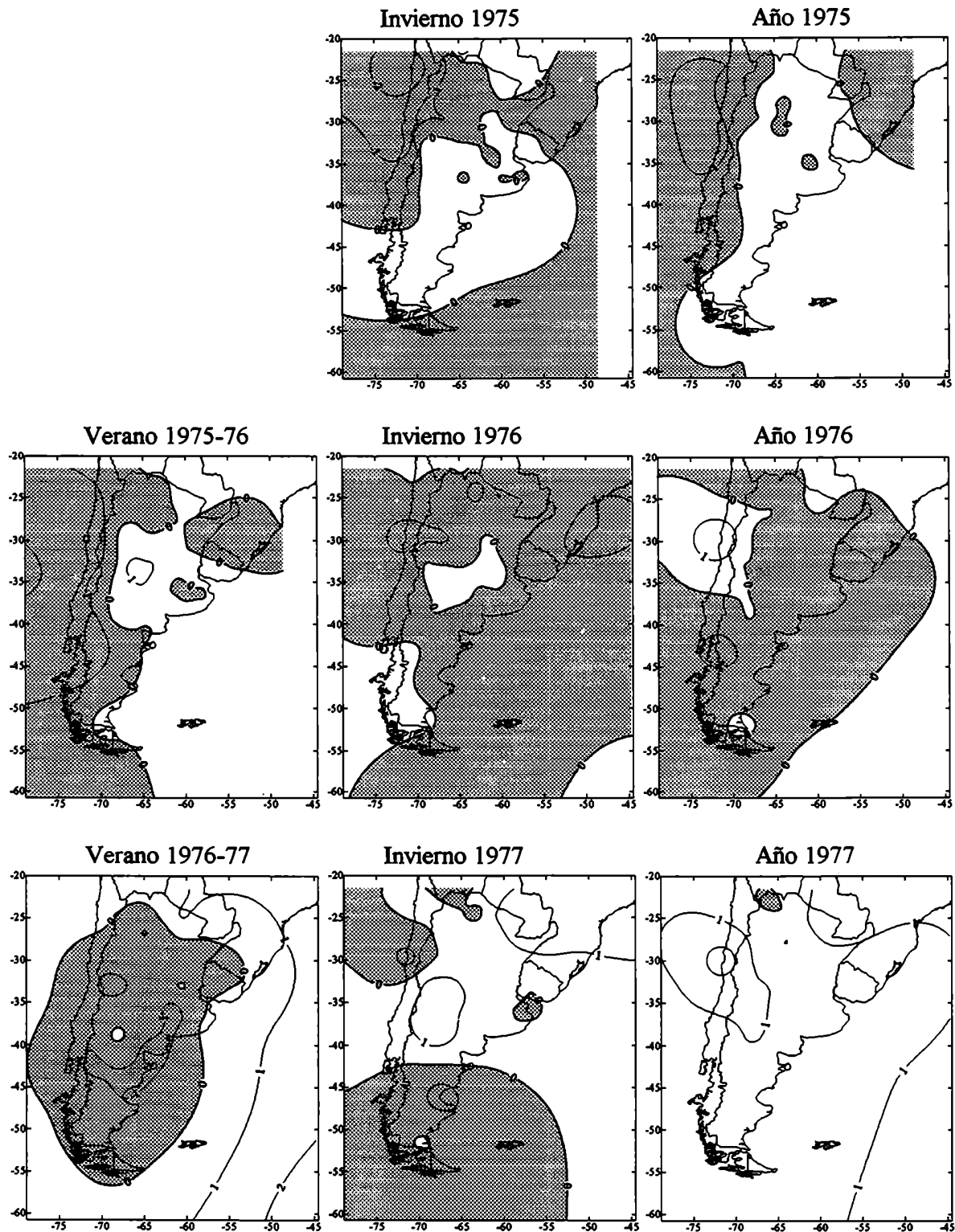


Figura 5.12: Anomalías de temperatura de los veranos 1975-76 y 1976-77, los inviernos 1975, 1976 y 1977 y los años 1975, 1976 y 1977.

Las anomalías de precipitación (fig. 5.13): el invierno de 1975 presenta valores bajo lo normal al N y NO del área de estudio, también se observan anomalías negativas en gran parte de Uruguay, Provincia de Buenos Aires, La Pampa, San Juan y en Tierra del Fuego. El invierno de 1976, presentan valores negativos en el centro de Chile, el área de la cordillera, el centro y norte de Argentina y parte de la Patagonia al sur de 45°, mientras que durante 1977 estas áreas tienen anomalías positivas. Los patrones de anomalías de 1976 y 1977 son similares pero de signos inverso.

En el verano 1975-76, la mayor parte del área estudiada presenta anomalías positivas, observándose anomalías negativas en el extremo norte del país y Chile, zona central de Chile y centro oestes de Argentina y extremo sur. El verano 1976-77 presenta claramente un predominio de anomalías positivas. Se puede observar la existencia de anomalías opuestas entre ambos veranos en la región centro oeste del país.

El año 1975 no presenta ningún tipo de anomalía dominante en la región estudiada, anomalías negativas de precipitación se observan sobre Chile, Tierra del Fuego, norte y noroeste de la Argentina, Uruguay y sur de Brasil. El año 1976 presenta anomalías de precipitación positivas en la mayor parte de la Argentina, Uruguay y en el sur de Brasil y negativas en la zona norte de Argentinas, centro de Uruguay y sobre toda la República de Chile. El año 1977 esta caracterizado por anomalías positivas en la mayor parte del área de estudio, presentando valores negativos en el sur de Chile al sur de 43°S, sur de la Patagonia y algunos núcleos aislados en Brasil, norte de Argentina, sur de Bolivia y norte de Chile.

ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN

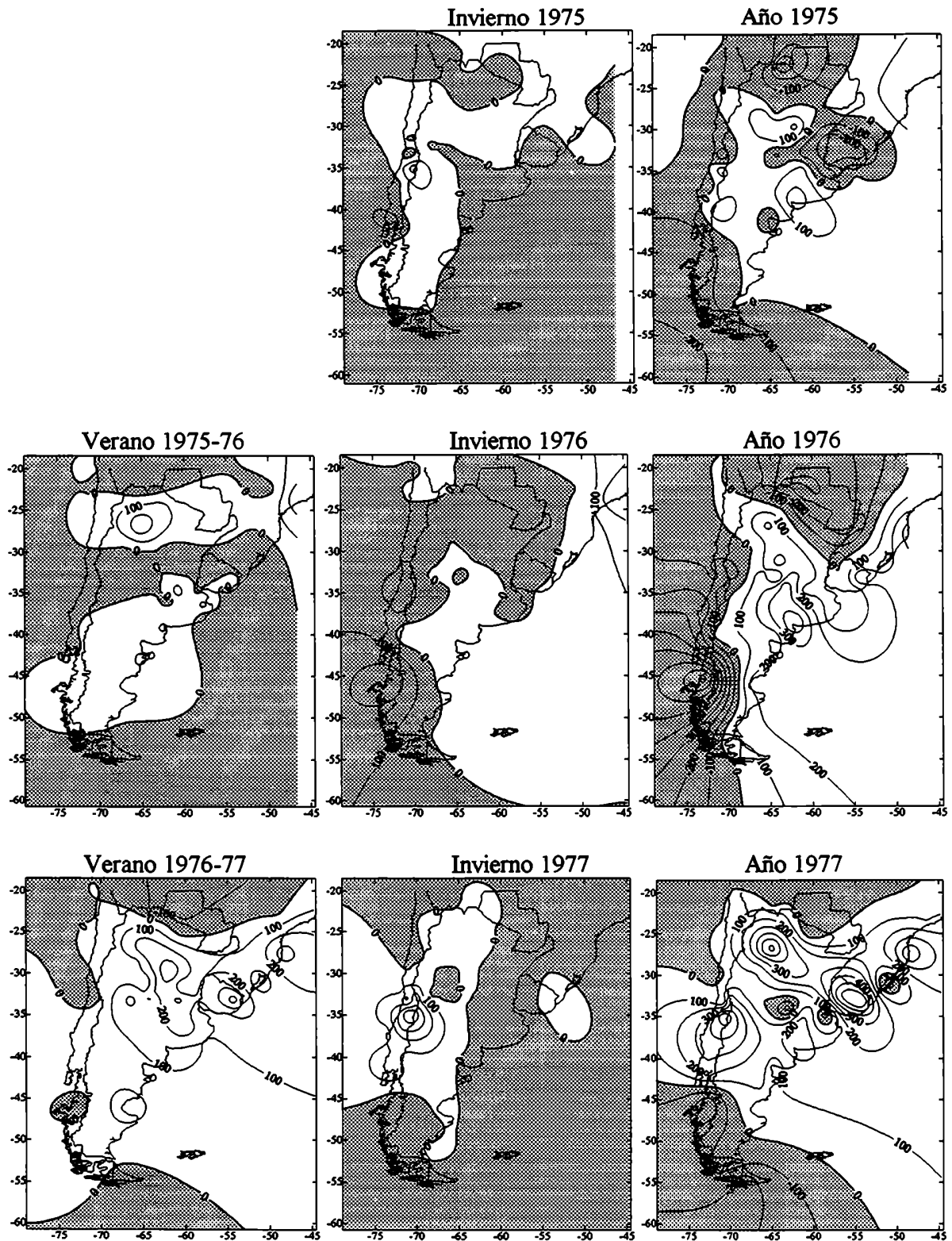


Figura 5.13: Anomalías de precipitación de los veranos 1975-76 y 1976-77, los inviernos 1975, 1976 y 1977 y los años 1975, 1976 y 1977, correspondientes al evento ENSO 1976-77.

5.3.2.2 Características de los Campos de Presión:

Los modelos correspondientes a las primeras 6 CPs se presentan en la figura 5.14, 5.15 y 5.16. Estos representan más del 90% de la varianza total explicada (tabla 5.4). Para cada muestra, las primeras 6 CPs exhiben los mismos modelos y corresponden a los descriptos en el Capítulo 4, salvo en el caso de la sexta componente correspondiente al invierno de 1976 donde aparece un modelo nuevo al que llamaremos modelo “G”.

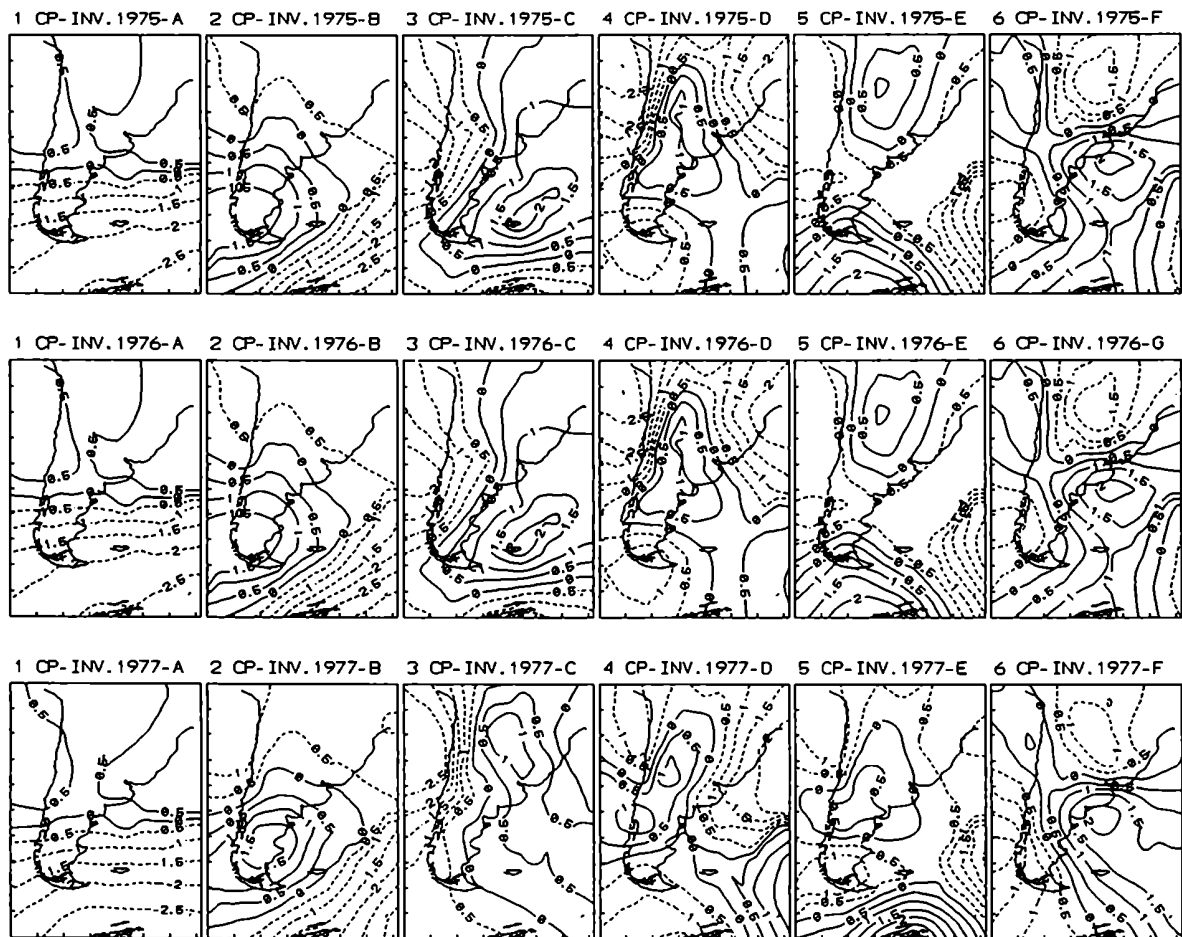
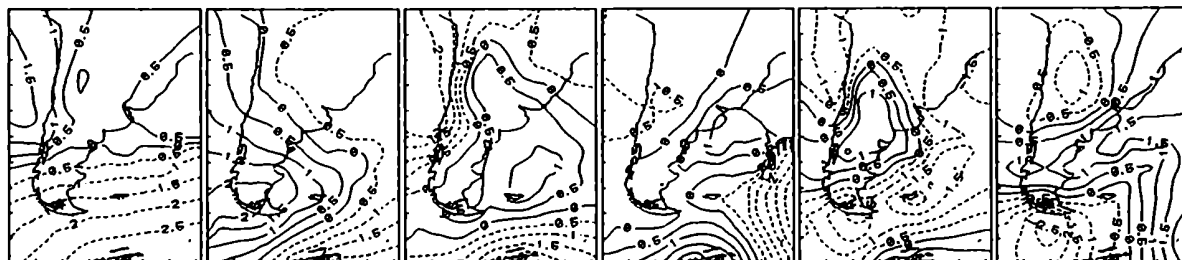


Figura 5.14: Modelos correspondientes a las 6 primeras CPs. de los inviernos de 1975, 1976 y 1977.

El **modelo G** (figura 5.14) presenta dos perturbaciones de signos opuestos sobre la Patagonia con intenso gradiente entre ellas. Los campos sinópticos con topografía similar a este modelo son más frecuentes con el modelo inverso (%Var-), es decir alta presión sobre el extremo SO del área continental.

Entre los ejemplos correspondientes a la situación inversa podemos señalar el del día 24 de agosto de 1972 (foto 12, página 93) y para la situación tipo la carta sinóptica correspondiente a el 24 de junio de 1973 (foto 13, página 93).

1 CP-VER.75/76-A 2 CP-VER.75/76-B 3 CP-VER.75/76-C 4 CP-VER.75/76-E 5 CP-VER.75/76-D 6 CP-VER.75/76-F



1 CP-VER.76/77-A 2 CP-VER.76/77-B 3 CP-VER.76/77-C 4 CP-VER.76/77-D 5 CP-VER.76/77-E 6 CP-VER.76/77-F

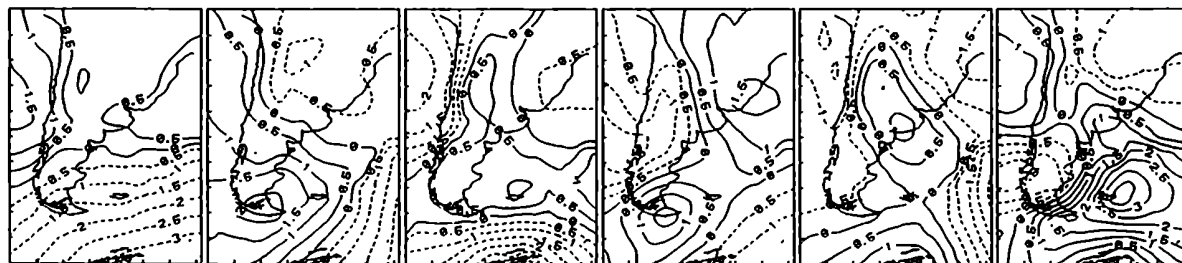
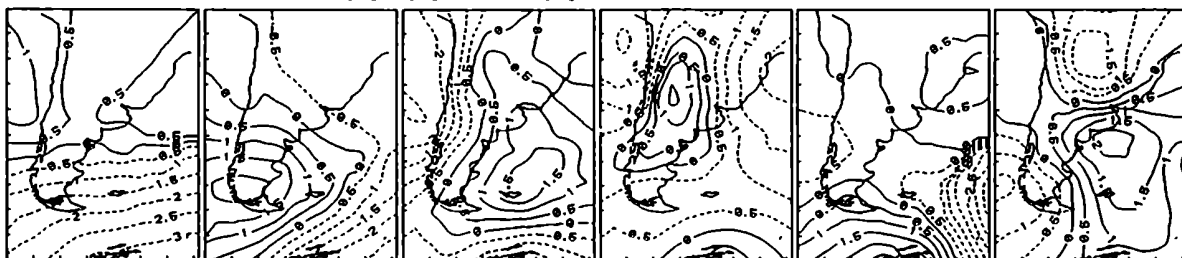
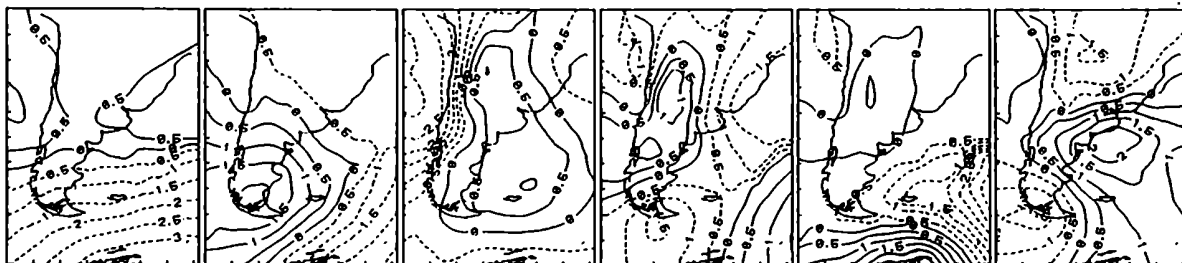


Figura 5. 15: Modelos correspondientes a las 6 primeras CPs. de los veranos 1975-76 y 1976-77.

1 CP-AÑO 1975-A 2 CP-AÑO 1975-B 3 CP-AÑO 1975-C 4 CP-AÑO 1975-D 5 CP-AÑO 1975-E 6 CP-AÑO 1975-F



1 CP-AÑO 1976-A 2 CP-AÑO 1976-B 3 CP-AÑO 1976-C 4 CP-AÑO 1976-D 5 CP-AÑO 1976-E 6 CP-AÑO 1976-F



1 CP-AÑO 1977-A 2 CP-AÑO 1977-B 3 CP-AÑO 1977-C 4 CP-AÑO 1977-D 5 CP-AÑO 1977-E 6 CP-AÑO 1977-F

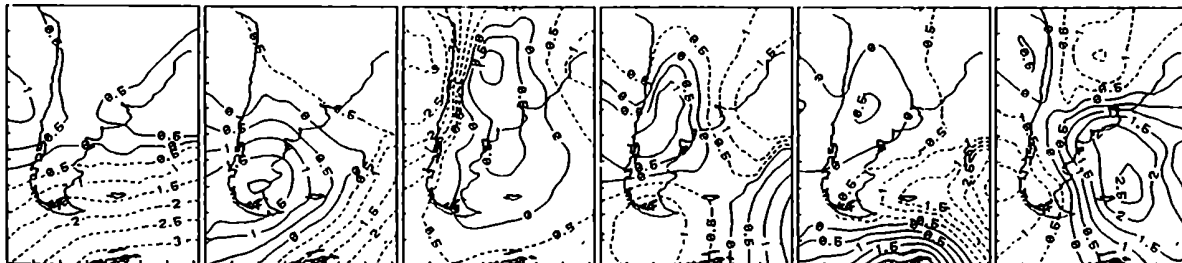


Figura 5.14: Modelos correspondientes a las 6 primeras CPs. de los años de 1975, 1976 y 1977.



Foto 13: Modelo inverso G, 24 de junio de 1973.



Foto 12: Modelo tipo G, 24 de agosto de 1972.

La situación sinóptica tipo corresponde a los casos para los cuales las componentes de peso son positivas y tiene el mismo signo que el modelo, o sea, altas presiones en los valores positivos y bajas en los negativos. La situación inversa corresponde a los casos con componente de peso negativo y presenta bajas presiones en los valores positivos del modelo y altas en los negativos. En la tabla 5.4 se presentan los porcentajes de varianzas explicados por los tipos (%Var+), su inverso (%Var-) y los porcentajes de varianza acumulados.

Todas las muestra presentan los mismos modelos aunque exhiben diferencias estacionales dadas fundamentalmente por un corrimiento hacia altas latitudes durante los veranos (fig. 5.14 y 5.15).

Las varianzas explicadas por los principales modelos sinópticos dados por las seis primeras CPs (tabla 5.4) evidencian que la varianza explicada por el modelo A durante el invierno de 1977 (53.6%) es menor que durante el invierno de 1975 (61.1%) y 1976 (64.5%) y menor aún que los valores “climáticos” para los meses de invierno (ver capítulo 4). La menor persistencia del flujo básico durante el invierno de 1977 es producto de la importancia adquirida en este periodo por las perturbaciones correspondientes a los modelos B y C inversos (es decir con %Var-) que están asociados a pasajes frontales y sistemas de baja presión sobre el área de estudio (ver fig.4.2 y 4.13). Durante el invierno de 1977 la varianza explicada por estas situaciones fue de 14.2% (ver tabla 5.3), un 42% más que durante el invierno de 1976 y un 25 % más que en 1975. En cambio, durante los inviernos de 1975 y 1976 es mayor la varianza explicada por las perturbaciones dadas por sistemas de altas presiones (modelos B, C y D con Var+) explicando los modelos B y C 12.5% y 11.7% respectivamente, mientras que durante el invierno de 1977 la varianza explicada por estos modelos es solo de 9.2%. Esta diferencia es debida principalmente al modelo B tipo (Var +) y corresponde a una situación sinóptica que aporta sobre el continente advección de aire frío y seco.

TABLA 5.3: Porcentajes de varianza explicada en forma conjunta por algunos modelos.

	INV. 1975	VER 1975-76	INV. 1976	VER 1976-77	INV. 1977
(B+D)Var+	11.3	10.9	11.1	15.3	9.5
(B+C)Var+	12.5	12.1	11.7	14.2	9.2
(B+C)Var-	10.6	8.6	8.3	9.3	14.2

El rasgo más notorio de la circulación en los veranos, de este evento, es la mayor importancia del modelo A, durante 1975-76 (evento frío) para el que explica 64.3% de la varianza total, mientras que durante el verano de 1976-77 (evento cálido) explica el 54.7% de la varianza total, lo cual muestra que el verano 1976-77 fue más perturbado que el de 1975-76. En ambos

casos el porcentaje de varianza explicado fue menor que el “climático” correspondiente a los meses de diciembre, enero y febrero (ver capítulo 4).

Es también destacable que en el verano 1975-76, el modelo E ocupa el 4° lugar en vez del 5°, indicando que la situación sinóptica asociada a este modelo fue más importante durante este verano que la asociada al modelo D.

La varianza explicada por el modelo A es mayor para el año 1975 (64.0%, evento frío) que para el año 1976 (57.4%, evento cálido) y el año 1977 (60.9%, también considerado como evento cálido por algunos investigadores). Como fue señalado en el caso del evento 1972-73, esto puede indicar el mayor intercambio de calor Ecuador - Polo producido mediante los sistemas transientes (modelos de mayor orden).

TABLA 5.4: Porcentajes de varianza dados por las 6 primeras CPs. para los casos de Altas y Bajas presiones para el área del modelo con valores positivos (modelo tipo o inverso).

PC	VERANO 1975-76				VERANO 1976-77			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	64.3	0.0	64.3	A	54.7	0.2	54.9
2	B	9.4	5.1	78.8	B	11.6	3.5	70.0
3	C	2.7	3.5	85.0	C	2.6	5.8	78.4
4	E	1.8	1.8	88.6	D	3.7	2.9	85.0
5	D	1.5	1.3	91.4	E	2.0	1.7	88.7
6	F	0.8	1.2	93.4	F	1.1	0.8	90.6

PC	INVIERNO 1975				INVIERNO 1976			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	61.1	0.0	61.1	A	64.5	0.3	64.8
2	B	9.1	7.3	77.5	B	9.3	4.9	79.0
3	C	3.4	3.3	84.2	C	2.4	3.4	84.8
4	D	2.2	2.9	89.3	D	1.8	2.5	89.1
5	E	1.4	1.1	91.8	E	1.6	1.5	92.2
6	F	1.2	0.9	93.9	G	0.9	1.1	94.2

PC	INVIERNO 1977			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	53.6	0.5	54.1
2	B	7.6	8.0	69.7
3	C	1.6	6.2	77.5
4	D	1.9	4.7	84.1
5	E	1.7	2.1	87.9
6	F	1.8	1.2	90.9

PC	AÑO 1975				AÑO 1976			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	64.0	0.0	64.0	A	57.1	0.3	57.4
2	B	8.0	6.8	78.8	B	8.7	4.6	70.7
3	C	2.3	2.9	84.0	C	2.8	5.0	78.5
4	D	2.2	2.1	88.3	D	1.9	3.5	83.9
5	E	1.7	1.4	91.4	E	2.1	1.7	87.7
6	F	0.9	0.8	93.1	F	1.5	1.1	90.3

PC	AÑO 1977			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	60.9	0.2	61.1
2	B	8.1	5.4	74.6
3	C	2.0	4.3	80.9
4	D	1.9	3.0	85.8
5	E	2.1	1.8	89.7
6	F	1.3	0.8	91.8

5.3.2.3 Relación entre los porcentajes de varianza, el IOS y el índice de TSM

TABLA 5.5:

	INVIERNO 1975	VERANO 1975-76	INVIERNO 1976	VERANO 1976-77	INVIERNO 1977
%Mod A	61.1	64.3	64.5	54.7	53.6
IOS	1.7	1.8	-0.87	-0.07	-1.44
TSM	-8.3	-15.33	8.7	7.67	0.76

	AÑO 1975	AÑO 1976	AÑO 1977
%Mod A	64.0	57.1	60.9
IOS	1.28	0.08	-1.03
TSM	-8.75	2.5	2.42

En general, a menor índice de Oscilación Sur, corresponde menor varianza explicada por el modelo A. Esta relación es válida considerando separadamente las estaciones de invierno y verano, es así que en el invierno de 1977 se registró el menor IOS de los dos inviernos y menor valor de porcentaje de varianza explicada por el modelo A, mientras que el menor IOS y de varianza explicada de los veranos corresponde al 1976-77. Los menores valores de IOS a su vez corresponden a los mayores valores de TSM. La relación no es válida en el caso de las muestras anuales. Aquí se aprecia la influencia del desfazaje entre la señal del IOS y de la TSM que inducen características diferentes de circulación entre los meses de invierno y de primavera-verano durante 1976.

5.3.2.4 Análisis de los espectros:

A fin de analizar los ciclos y cuasi-ciclos de la circulación de superficie, se aplicó el análisis espectral de Tukey con ventana de Parzen a las series de tiempo de los factores de peso para las tres primeras CPs de cada muestra. Los espectros de las series de los inviernos se muestran en la figura 5.17, de los veranos en la fig.5.18 y los espectros correspondientes a las series anuales en la figura 5.19. Se grafica la densidad espectral normalizada por la varianza y suavizada ($R(f) * 100$) en función de los ciclos en 60 días.

Espectros de los inviernos: (fig.5.17)

Para el modelo A (1° CP), correspondiente al flujo básico, el espectro del invierno de 1977 muestra picos entre 12 - 10 días y en 3.5 días aproximadamente, mientras que en el invierno de 1976 sólo hay un máximo entre 8.6 y 6 días, el espectro correspondiente al invierno de 1975 presenta máximos significativos en 8.57 días y entre 4.62 y 4 días. Esto indica menor persistencia del flujo

básico durante el invierno de 1977, lo cual es concordante con el menor porcentaje de varianza explicado por el modelo A para este invierno (ver tabla 5.4).

El modelo B (2° CP) representa la perturbación más importante. El espectro muestra para el invierno de 1977 tres máximos de 2.7, 3.3 y 5 días, mientras que en el invierno de 1976 sólo hay un máximo en 2.7 días y en 1975 entre 4.62 y 4.29 días.

El modelo C, la siguiente perturbación en orden de importancia de acuerdo a la varianza explicada, muestra en el invierno de 1977 el máximo espectral en 2.9 días, ondas mucho más cortas que las del invierno de 1976 que corresponden a un máximo entre 4.6 y 3.5 días y que en el invierno de 1975 con 4.62 días.

Estos resultados indicarían que el invierno de 1977 presentó una circulación de superficie más perturbada que la observada en el invierno de 1976.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos previamente por Bischoff y Fernández (1987) al analizar información de troposfera y baja estratosfera con datos de radiosondeo de Argentina. Encontraron que la circulación atmosférica estuvo más perturbada durante el invierno de 1977 que en el de 1976.

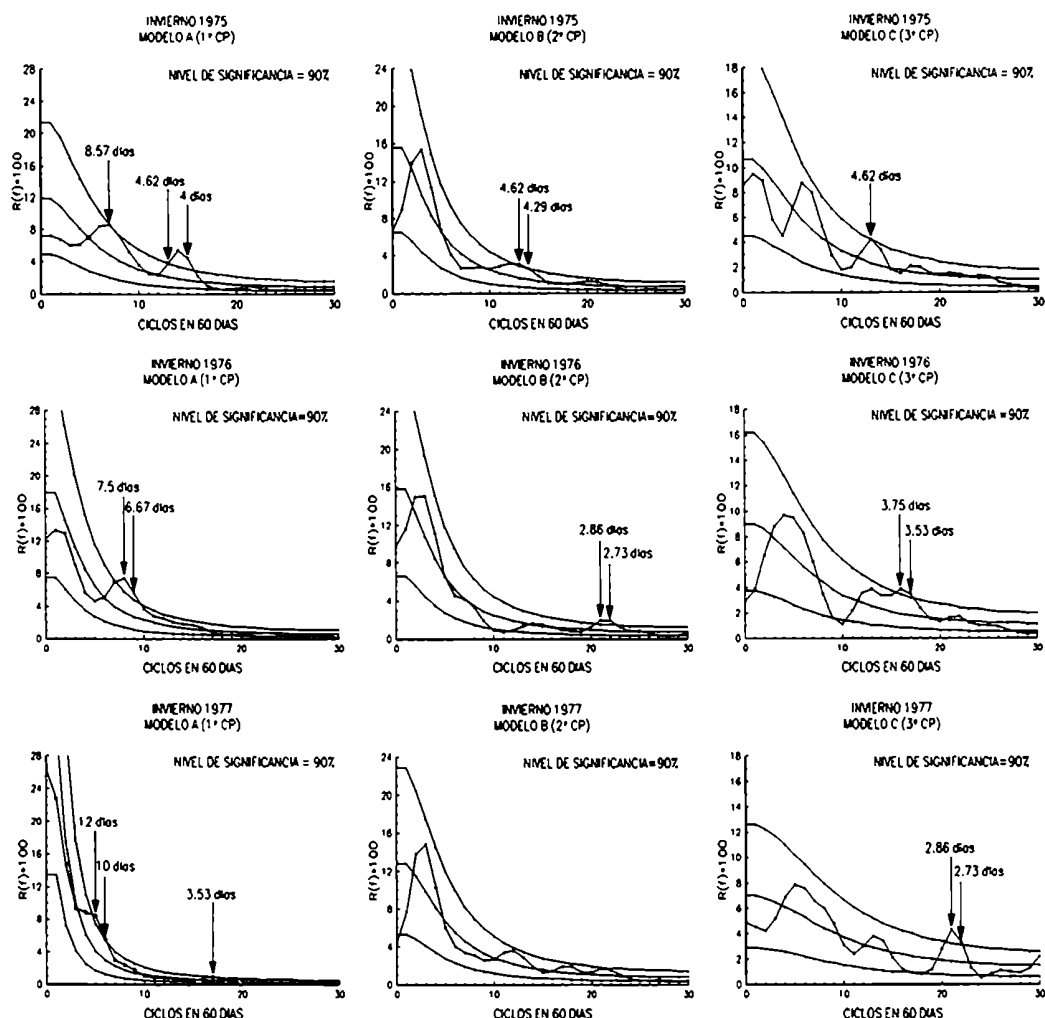


Figura 5.17: Espectros correspondientes a los modelos A, B y C de los inviernos de 1975, 1976 y 1977.

Espectros de los veranos: (fig. 5.18)

El espectro correspondiente a la 1° CP (modelo A) del verano 1975-76 presenta un único máximo significativo en 3.16 días, en el veranos de 1976-77 existe un máximo espectral que abarca longitudes de onda entre 6.67 y 5 días.

La segunda componente (modelo B), muestra solo picos significativos al 90% en el verano de 1976-77 en 6 días y 3.75 días, mientras que en el verano 1975-76 no se observan picos significativos.

La tercer componente (modelo C) presenta en el verano de 1975-76 un amplio rango de longitudes de onda significativas entre 6.67 días y 4.29 días, mientras que en el verano de 1976-77 existen ondas significativas entre 4 y 3.75 días.

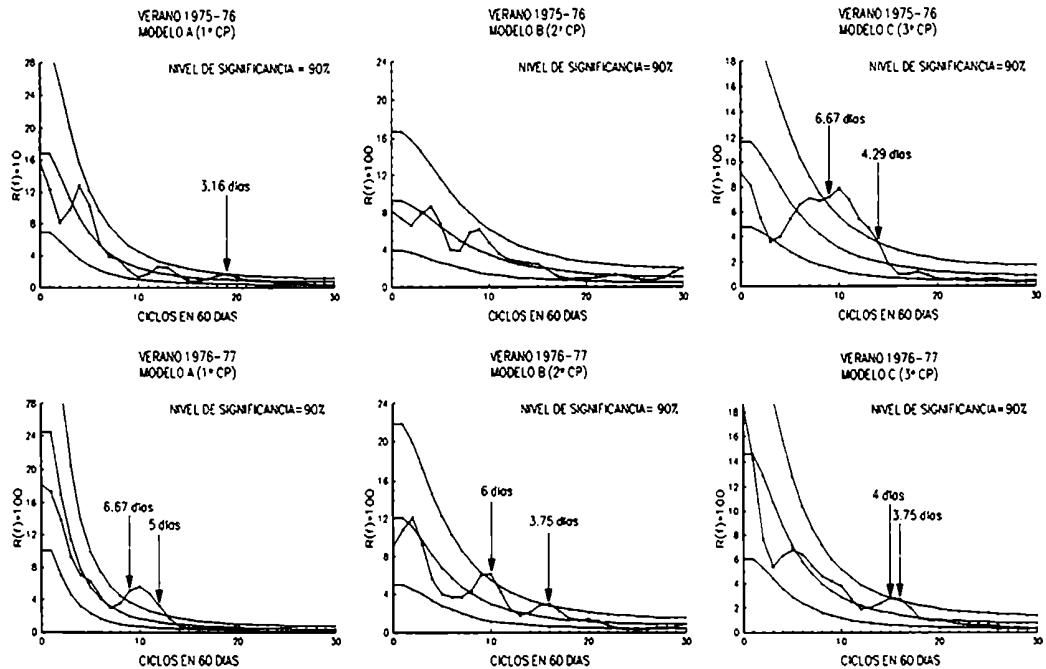


Figura 5.18: Espectros correspondientes a los modelos A, B y C de los veranos 1974-75 y 1976-77.

Espectros anuales: (fig.5.19)

El espectro de la 1° CP para el año 1975 muestra ondas significativas entre 7.27 y 7.06 días, en 6.15, 2.53, 2.16 y entre 2.09 y 2.07 días.

Para el año 1975, la 2°CP presenta picos significativos entre 21.82 y 20 y entre 17.4 y 16 días, entre 3.69 días y 3.64, entre 2.82 y 2.79 y en 2.5 días.

La 3°CP muestra picos significativos en 10 días, entre 4.8 y 4.29 días, en 3.69 y entre 3.53 y 3.49 días.

En general, los espectros anuales correspondientes a la 1°CP muestran en 1976 ondas significativas en un rango menor que en 1977. En el caso de la 2° y 3°CP, 1976 presenta ondas significativas en un rango mayor que en 1977.

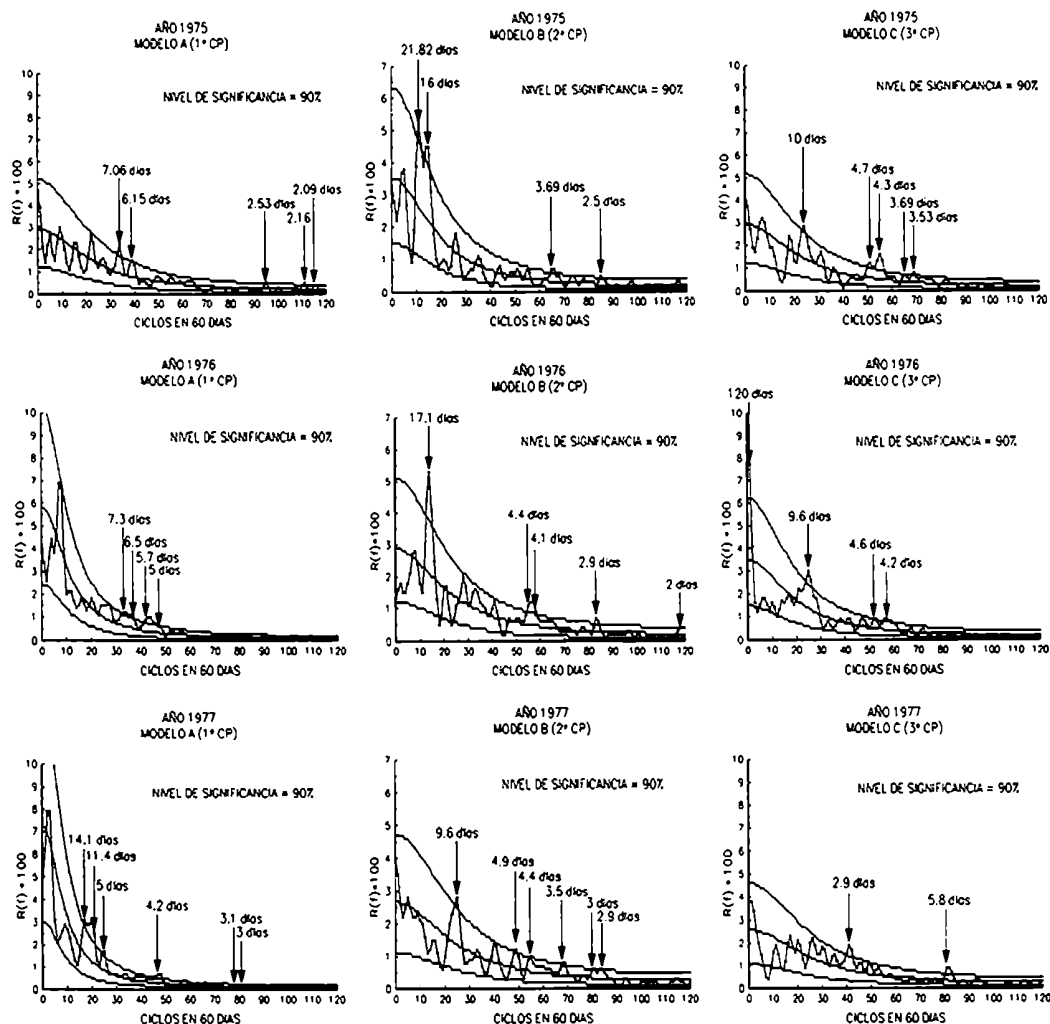


Figura 5.19: Espectros de los modelos A, B y C para los años 1975, 1976 y 1977.

5.3.2.4 Discusión y Conclusiones:

El análisis espectral de los principales modelos de circulación, concuerda con los resultados obtenidos para porcentajes de varianza, indicando que **la circulación atmosférica estuvo más perturbada en el invierno de 1977, durante el cual las anomalías de presión fueron negativas en casi toda el área de estudio, que durante el invierno de 1976.**

En rasgos generales se observan anomalías de características inversas entre los inviernos.

Las anomalías de temperatura de los inviernos reflejan claramente el cambio en la circulación de un invierno a otro. En 1976 se observa un mayor porcentaje de varianza explicada por los modelo tipo B, C correspondientes a situaciones sinópticas de anticiclones post-frontales que en el

invierno de 1977. A su vez, las anomalías de temperatura muestran que el invierno de 1976 fue en rasgos generales más frío que el de 1977 (ver fig. 5.12).

Las anomalías de precipitación (fig. 5.13) en el área de la Cordillera de los Andes y Chile, entre 30° y aproximadamente 45°S, son positivas durante el invierno de 1977, así como en el centro y norte del país y un sector del sur del Brasil y el NE de Uruguay, áreas que corresponden a anomalías negativas durante el invierno de 1976.

Considerando en forma global las anomalías de presión, temperatura y precipitación se observan patrones de comportamiento inversos entre los inviernos 1976 y 1977. Esta particularidad no se manifiestan en los patrones de anomalías de los veranos.

Es sabido que la presencia de frentes fríos asociados a sistemas de baja presión sobre esas áreas es uno de los factores que provocan precipitación. Nuevamente la mayor varianza explicada por situaciones tipo como las de los modelos inversos B, C y D (asociados a sistemas de bajas y pasajes frontales) podrían relacionarse con estas anomalías positivas durante el invierno de 1977.

Los resultados de las anomalías para los veranos, no muestran patrones inversos entre 1975-76 y 1976-77 como en el caso de los inviernos 1976 y 1977.

Las anomalías de presión, aunque positivas en ambos veranos, son más generalizadas durante el verano 1976-77. Observando la tabla 5.4 la varianza explicada por las situaciones que presentan sistemas de alta presión sobre el área continental vemos que las varianzas dadas por los modelos (B+D) y (B+C) tipo (%Var+), son mayores durante el veranos de 1976-77. Esta también puede ser la explicación de las menores temperaturas para toda el área durante el verano de 1976-77, ya que estas situaciones corresponden a anticiclones que producen advección de aire frío, especialmente la situación dada por el modelo B tipo.

Resulta muy difícil tratar de justificar las anomalías de precipitación de los veranos a partir de la información sobre la circulación de superficie sin tener en cuenta información directa de niveles de altura como advección de vorticidad, vientos, valores de humedad y agua precipitable. Sin embargo, es posible hacer algunas inferencias indirectas.

Finalizando, durante el verano de 1976 y el invierno de 1976 de circulación de superficie parece haber estado dominada por ondas más largas mientras que en el verano de 1977 y en el invierno siguiente la circulación estuvo más perturbada.

Considerando los inviernos, estos resultados son coincidentes con los obtenidos previamente por Bischoff y Fernández (1987) para la troposfera y baja estratosfera. Gran parte de las anomalías observadas en invierno y verano de estos años pueden ser explicadas por este cambio en la

circulación de un año al siguiente, en especial si se tienen en cuenta las varianzas dadas por los principales tipos sinópticos presentes.

Durante el invierno de 1977 el IOS fue menor que en el invierno de 1976 y el porcentaje de varianza para el modelo A en 1977 fue de 53.6% mientras que en 1976 fue de 64.5%.

5.4 Evento ENSO 1982-83:

El evento ENSO 1982-83 tuvo dos características distintivas:

- Fue el evento más fuerte ocurrido en el siglo, como lo señalaron Valdez y Ereño (1984), Francou y Pizarro (1985), Hense (1986), Ramage (1986), Nobre y Oliveira (1987), Rasmusson (1987), Enfield (1989), entre otros.
- Tuvo un desarrollo atípico. Cane (1983), Valdez y Ereño (1984), Ramage (1986), Rasmusson (1987), Trenberth y Shea (1987), Enfield (1989) entre otros.

Este evento se inició tardíamente, como fue indicado por Nobre y Oliveira (1987) y Enfield (1989). El calentamiento comenzó a mediados de 1982 y para fin de año la temperatura había superado los registros clásicos del fenómeno, esta tendencia continuó durante 1983 (Ereño, 1984).

Se asocia este evento a anomalías ocurridas en todo el globo. Desde la perspectiva de las anomalías de precipitación en el norte de Perú, este evento puede haber sido el más intenso en los últimos 450 años de los cuales se tienen registros españoles y peruanos (Woodman, 1985).

Australia sufrió una importante sequía y en el Sahel esta se agravó. En la Polinesia francesa se registraron lluvias torrenciales y durante 1983 se produjeron no menos de 6 ciclones tropicales, siendo el promedio para el lugar de 1 cada 3 años. En la costa del Pacífico tanto en América del Norte como en América del Sur se desencadenaron precipitaciones catastróficas (Ramage, 1986).

Precipitaciones récord se registraron en Ecuador y Noroeste de Perú entre noviembre de 1982 y junio de 1983, mientras que simultáneamente el sur de Perú y Bolivia experimentaron serias sequías (Philander, 1990).

Durante este evento se produjeron sequías anómalas en el Amazonas y el Nordeste de Brasil, mientras que extensas inundaciones se registraron en el sur de Brasil, Paraguay y nordeste de Argentina (Nobre y Oliveira, 1987). Estas inundaciones, que se produjeron durante 1982 y 1983, mostraron desvíos respecto al promedio que en algunos casos excedieron el 450% (Nuñez, 1987)

La precipitación en la Cordillera de los Andes entre 30° y 40°S, mostró en 1982 valores significativamente altos y el Santiago de Chile estos fueron superiores a la media y a la mediana (Compagnucci, 1989).

5.4.1 DATOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE EVENTO 1982-83

Se analizaron los veranos (diciembre a febrero) de 1981-82 y 1982-83 con un total de 90 días en cada caso, los inviernos (junio a agosto) para 1982 y 1983 con un total de 92 días cada uno de ellos y los años 1982 y 1983 (365 días).

5.4.2 RESULTADOS

5.4.2.1 Campos de anomalías:

El análisis es válido en la zona continental de área de estudio y se deben tomar con precaución los resultados obtenidos sobre los Océanos ya que se cuenta con muy poca información.

Los campos de anomalías de presión (fig.5.20) correspondientes a los veranos 1981-82 y 1982-83 son similares, ambos se encuentran dominados por valores positivos y presentan anomalías negativas en el extremo sur de la Patagonia y en Chile al sur de 45°S. La única diferencia son los valores positivos en Chile al norte de 45°S durante 1981-82.

En el invierno las anomalías de presión presentan signos opuestos de un año al otro en la mayor parte del área de estudio, observándose anomalías del mismo signo en la zona sudoeste de la Patagonia y en el SE de Brasil. En el centro y norte del país, la presión fue, en 1982, en promedio de 4 a 5 Hpa menor que en 1983.

En el caso anual se observa que existen anomalías positivas generalizadas en los dos años observándose núcleos aislados de anomalías negativas en ambos años. Se observan anomalías opuestas Chile al sur de 40°S, donde durante 1982 existen anomalías negativas y en 1983 positivas.

ANOMALÍAS DE PRESIÓN

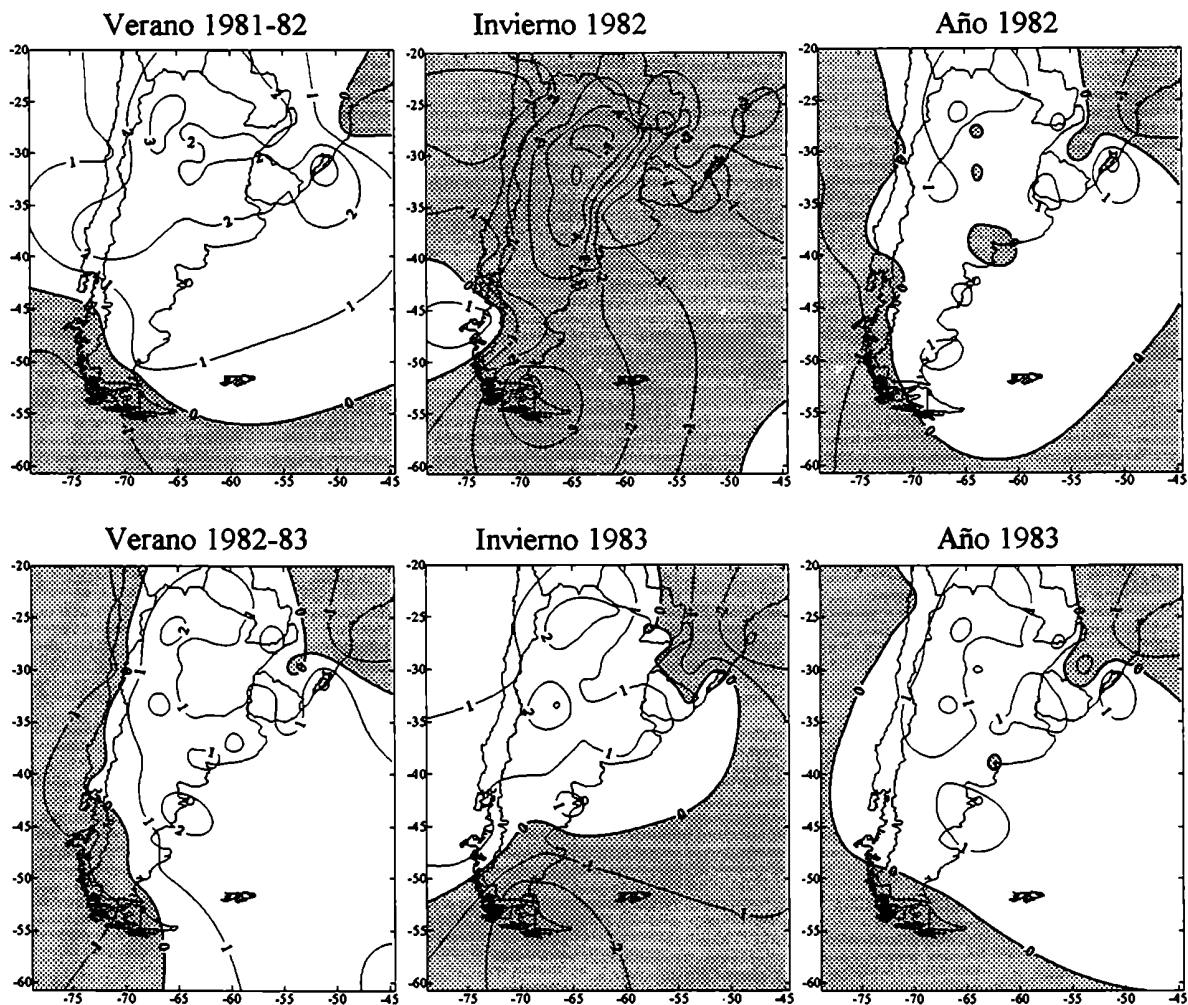


Figura 5.20: Anomalías de presión de los veranos 1981-82 y 1982-83, los inviernos y los años 1982 y 1983, correspondientes al evento ENSO 1982-83

EL campo de anomalías de temperatura correspondiente al veranos 1982-83 presenta valores positivos en la mayor parte del área de estudio, el verano 1981-82 en cambio presenta extensas anomalías negativas. (fig. 5.21)

El invierno de 1983 fue marcadamente más frío en todo el área que el de 1982. Mientras que en 1982 las anomalías negativas se dan en la Patagonia, norte de Chile y NO de la Argentina, en el invierno de 1983 las anomalías negativa ocupan casi todo el área, excepto el NO de la región estudiada y algunos núcleos dispersos de anomalías positivas.

El año 1982 presenta anomalías positivas en la mayor parte del área de estudio, con anomalías negativas en el NO argentino y entre 40°S y 50°S del área continental. El año 1983, presenta anomalías negativas al norte de 30°S, en parte de la Provincia de Buenos Aires y Chileentre

40° y 45°S. Se pueden observar anomalías opuestas entre 1982 y 1983 en la región NE y centro-norte del área de estudio.

ANOMALÍAS DE TEMPERATURA

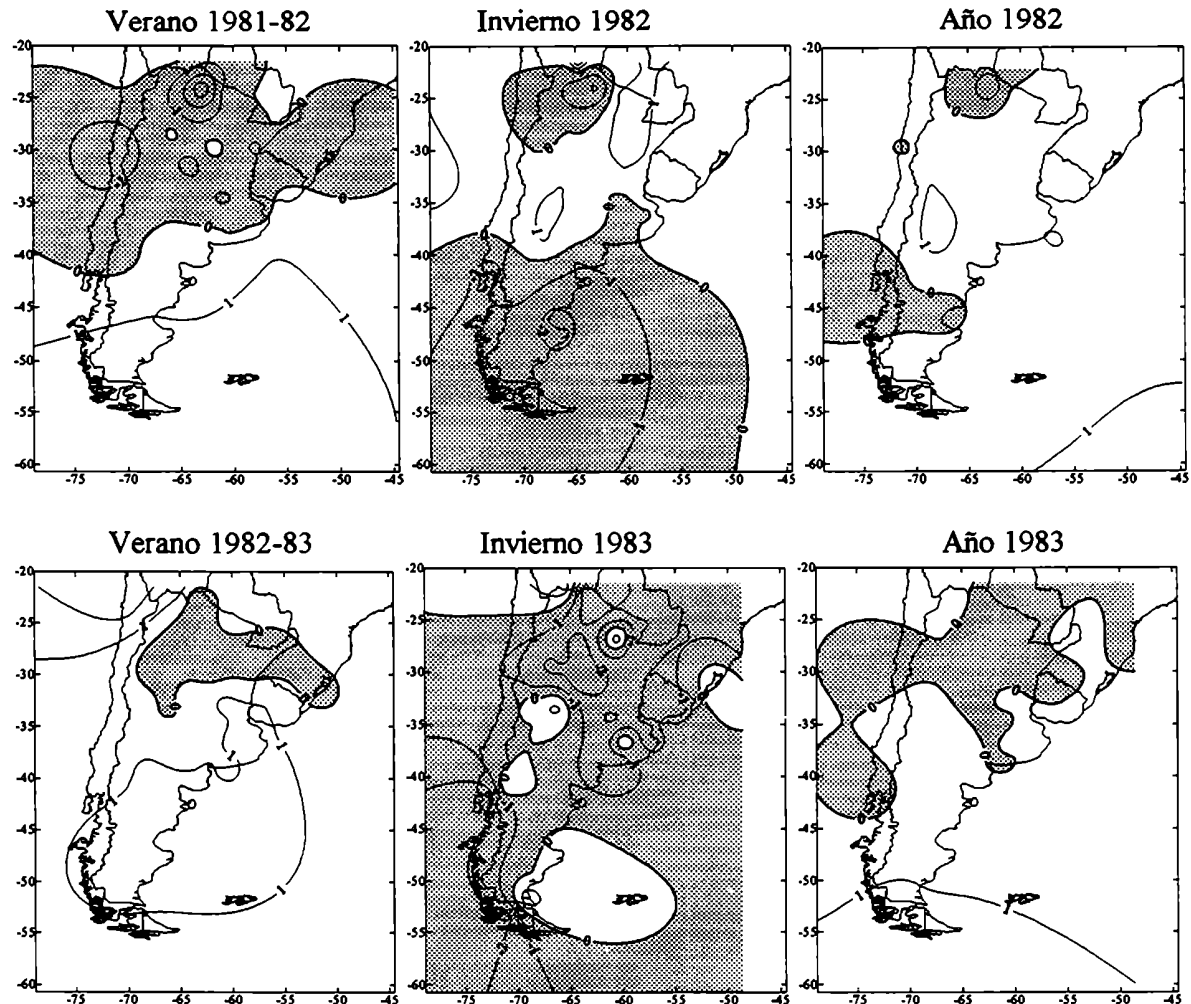


Figura 5.21: Anomalías de temperatura de los veranos 1981-82 y 1982-83, los inviernos 1982 y 1983 y los años 1982 y 1983, correspondientes al evento ENSO 1982/83.

Las anomalías de precipitación correspondientes a los veranos 1981-82 y 1982-83 muestran patrones casi inversos (fig. 5.22). El verano de 1981-82 presenta anomalías negativas en la región oeste del área y también en el ENE. En el veranos de 1982-83 las anomalías negativas se localizan en el sur de la Patagonia y en el ONO, así como en parte de las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Entre Ríos y en el oeste del Uruguay.

El campo de anomalías de precipitación muestra signos opuestos entre el invierno de 1982 y 1983 en gran parte del área de estudio, observándose como excepción anomalías positivas en ambos

inviernos en la región NE del área donde se observa en ambos casos anomalías positivas y anomalías negativas en sur de Chile y Tierra del Fuego.

Tanto el año 1982 como 1983 presentan anomalías positivas en la mayor parte del área de estudio, aunque más extensas durante 1982 mientras que en 1983 estas fueron más intensas especialmente en la región NO del área de estudio. Se observan solo algunos núcleos de anomalías opuestas.

ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN

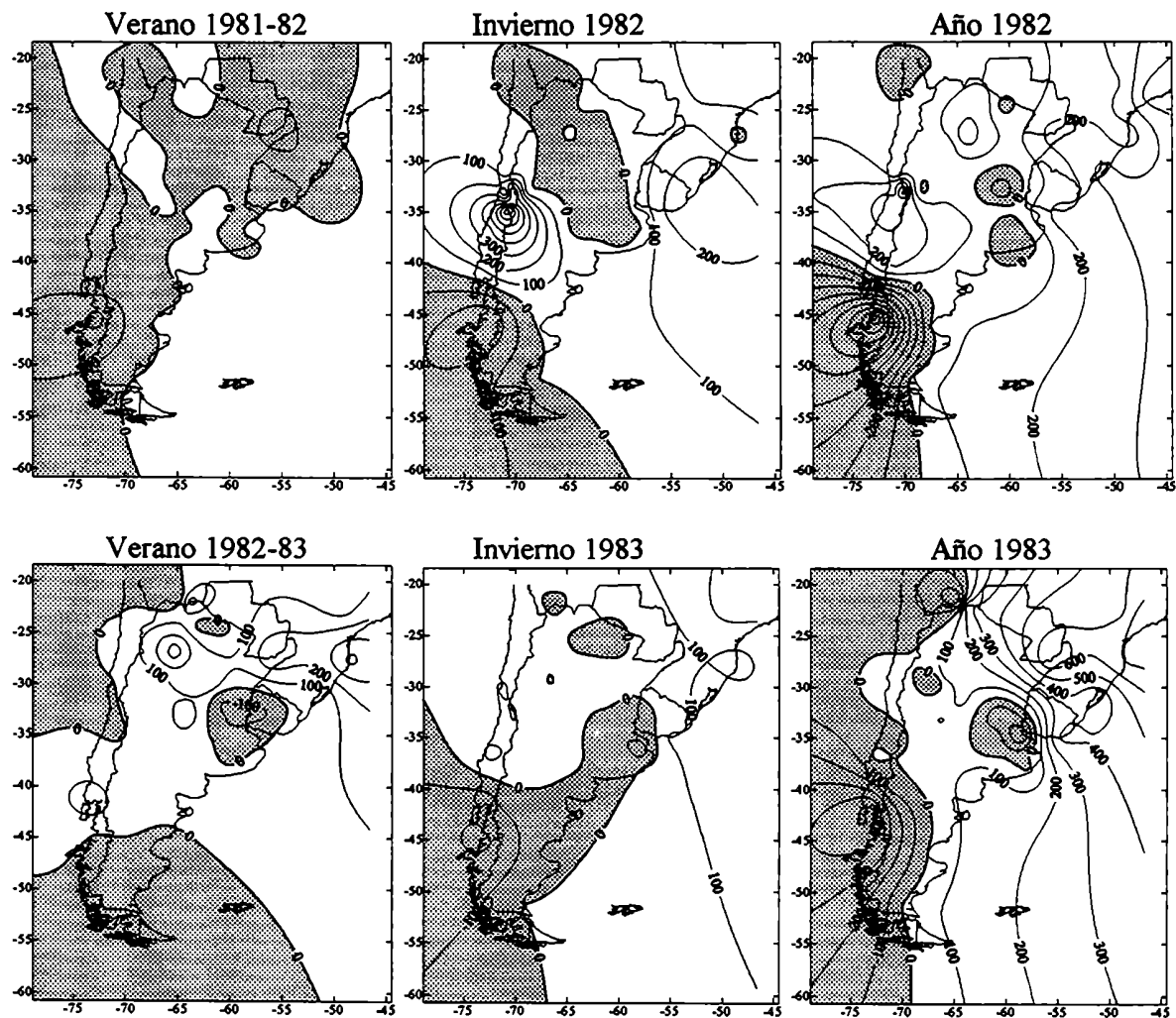


Figura 5.22: Anomalías de precipitación de los veranos 1981-82 y 1982-83, los inviernos 1982 y 1983 y los años 1982 y 1983, correspondientes al evento ENSO 1982-83.

5.4.2.2 Características de los Campos de Presión

Los patrones dados por las componentes principales se muestran en las figuras 5.23, 5.24 y 5.35. Nuevamente estas estructuras espaciales son similares entre períodos y corresponden a las descritas en el capítulo 4 para el ciclo anual “climático”, solo las diferencias entre varianzas explicadas (tabla 5.6) justificarían los cambios en la circulación.

La varianza explicada por el modelo A para el verano 1981-82 es mayor que para el verano 1982-83, indicando que el verano donde el IOS es positivo (1981-82) es menos perturbado que el siguiente para el cual el IOS es negativo. La varianza explicada por el modelo A para el verano 1981-82 resulta mayor que el máximo valor “climático” obtenido para el mes de febrero (ver capítulo 4).

La varianza explicada por el modelo A para el invierno de 1982 es de 49% y corresponde al valor más bajo de los años Niño estudiados, coincidiendo con el valor más bajo del IOS (-1.6, -1.9, -2.5 para los meses de junio, julio y agosto respectivamente). La varianza explicada por el modelo para 1983 es de 61.3%, indicando que para este invierno mayor persistencia de este patrón. Así mismo, durante el invierno de 1982, el modelo D adquiere mayor importancia que el modelo C (mayor varianza explicada).

Es destacable que durante el invierno de 1982 existe un mayor porcentaje de varianza explicada por los modelos tipo B, C y D (21%) que están asociados a sistemas anticiclónicos post-frontales que para el invierno de 1983 (12.4%). Estos factores son indicadores de cambio en la circulación entre ambos inviernos, siendo el invierno de 1982 mas perturbado, ya que muestra mayor frecuencia de pasajes frontales y sobre todo de situaciones anticiclónicas post-frontales, que el invierno de 1983.

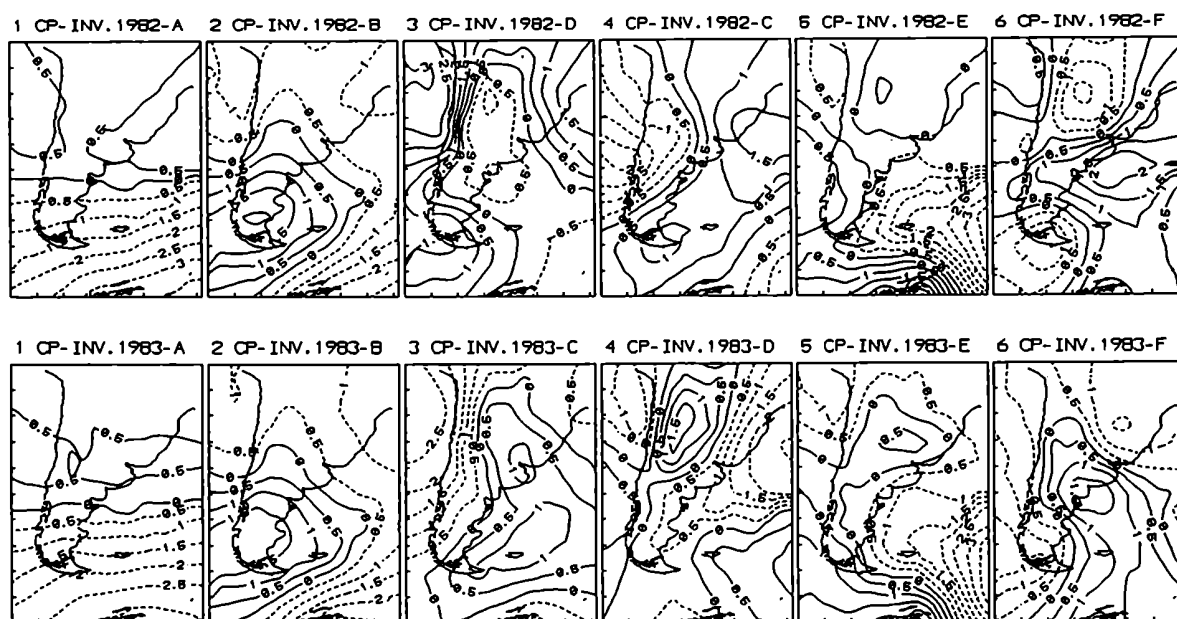


Figura 5.23: Modelos correspondientes a las 6 primeras CPs de los inviernos de 1982 y 1983.

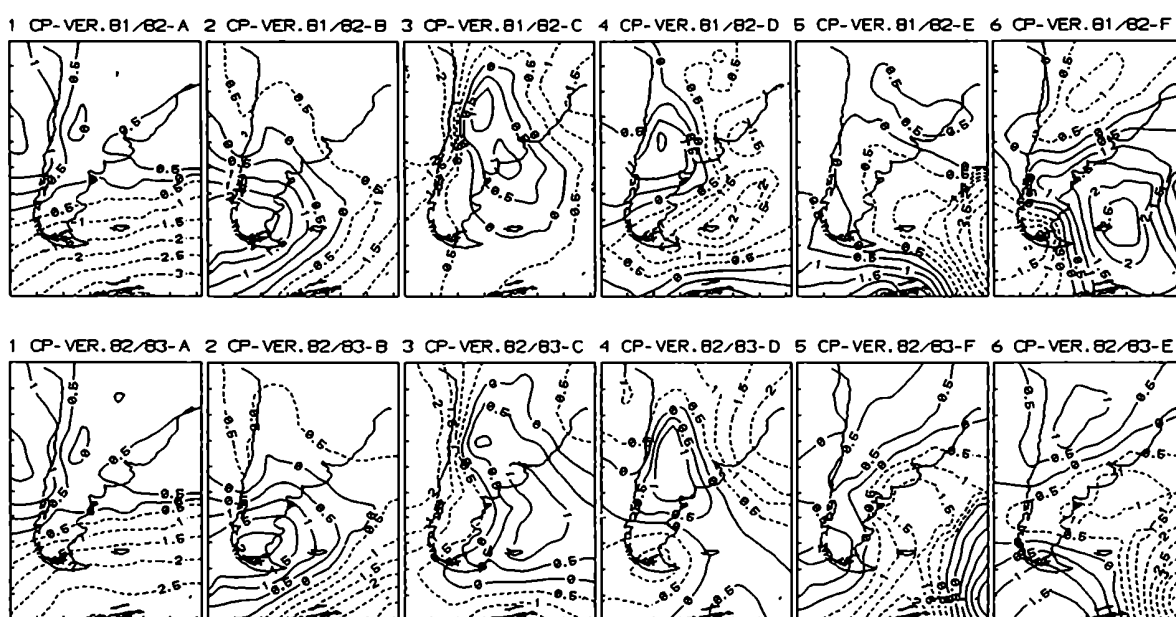


Figura 5.24: Modelos correspondientes a las 6 primeras CPs de los veranos de 1981-82 y 1982-83.

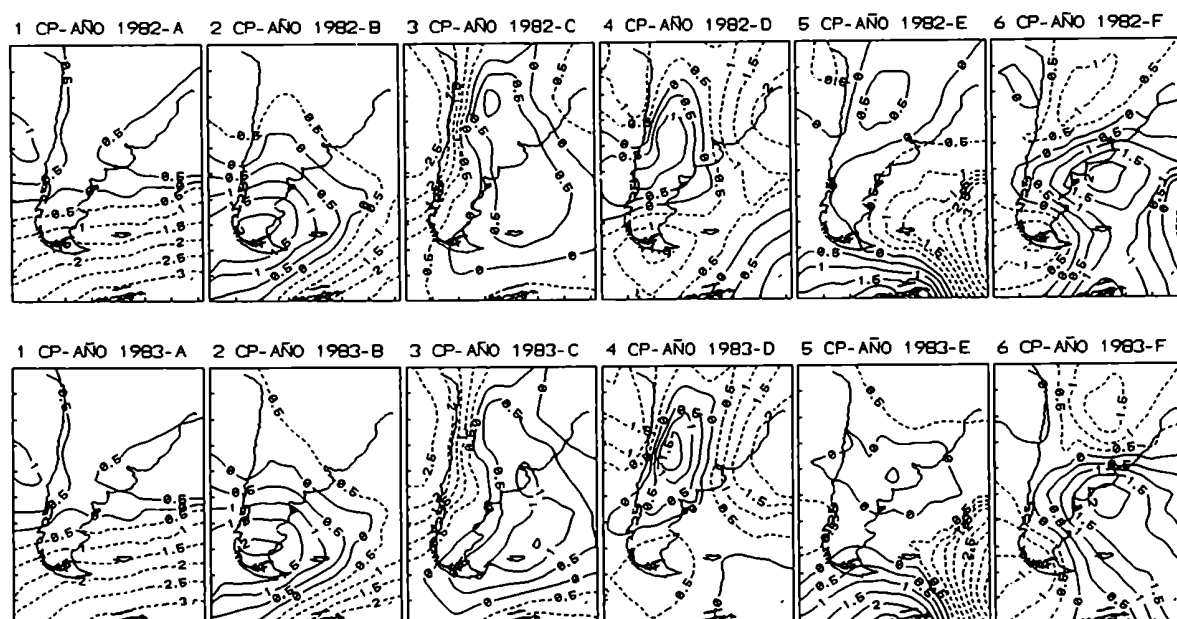


Figura 5.25: Modelos correspondientes a las 6 primeras CPs de los años 1982 y 1983.

Tabla 5.6: Varianza explicada por la seis primeras componentes principales.

VERANO 1981-82					VERANO 1982-83			
PC	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	70.8	0.0	70.8	A	63.7	0.0	63.7
2	B	5.2	5.0	81.0	B	8.1	5.1	76.9
3	C	2.1	2.8	85.9	C	3.0	3.6	83.5
4	E	2.0	1.5	89.4	D	2.3	2.1	87.9
5	D	1.6	1.6	92.6	E	0.9	1.4	90.2
6	F	0.6	0.5	93.7	F	1.0	1.1	92.3

INVIERNO 1982					INVIERNO 1983			
PC	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	49.0	0.0	49.0	A	61.3	0.0	61.3
2	B	10.9	9.8	69.7	B	9.4	7.4	78.1
3	D	6.1	2.3	78.1	C	2.8	4.1	85.0
4	C	4.0	3.6	85.7	D	0.9	2.7	88.6
5	E	1.5	1.4	88.6	E	2.0	1.3	91.9
6	F	1.0	1.7	91.3	F	1.4	0.7	94.0

AÑO 1982					AÑO 1983			
PC	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	60.2	0.1	60.3	A	60.9	0.2	61.1
2	B	7.4	6.1	73.8	B	8.6	6.3	76.0
3	C	2.7	4.6	81.1	C	2.6	3.5	82.1
4	D	2.2	3.3	86.6	D	2.0	2.7	86.8
5	E	1.3	1.1	89.0	E	1.8	0.9	89.5
6	F	1.2	1.0	91.2	F	1.2	0.9	91.6

La varianza explicada por las 6 primeras CPs para los años 1982 y 1983 no presentan apreciable diferencia importante entre un año y el otro. Esto puede deberse al hecho de que en ambos años se observan en el Océano Pacífico Ecuatorial condiciones de evento cálido.

5.4.2.3 Relación entre los porcentajes de varianza, el IOS y el índice de TSM.

Tabla 5.7:

	VERANO 1981-82	INVIERNO 1982	VERANO 1982-83	INVIERNO 1983
% Mod A	70.8	49.0	63.7	61.3
IOS	0.57	-2.0	-3.87	-0.43
TSM	3.33	9.0	29.67	14.0

	AÑO 1982	AÑO 1983
% Mod A	60.2	60.9
IOS	-1.32	-1.11
TSM	12.08	12.25

Se observa en la tabla 5.7 que los inviernos, que en ambos casos presentan IOS negativo, tiene bajo porcentaje de varianza correspondiente a modelo A. Siendo el invierno de 1982 con IOS inferior al de 1983 el que tiene el menor porcentaje de varianza explicado por la 1°CP.

5.4.2.4 Análisis de los espectros

Espectros de los inviernos: (fig. 5.26).

La densidad espectral del modelo A, que en ambos inviernos correspondió a la 1° CPs., presenta en 1982 dos máximos uno en 10 días y otro en 4.62 días, mientras que el invierno de 1983 no presenta picos espectrales significativos.

El modelo B (2° CPs. en ambos años), mostró en el invierno de 1982 máximos espectrales en un rango de longitudes de onda mayor que el de 1983. Mientras que en el invierno de 1982 existen máximos entre 20 y 15 días, en 6,67 días en el invierno de 1983 existe un único pico significativo entre 12 y 6,67 días.

Claramente el invierno de 1982 muestra una circulación más perturbada (mayor cantidad de máximos significativos) que la ocurrida durante 1983.

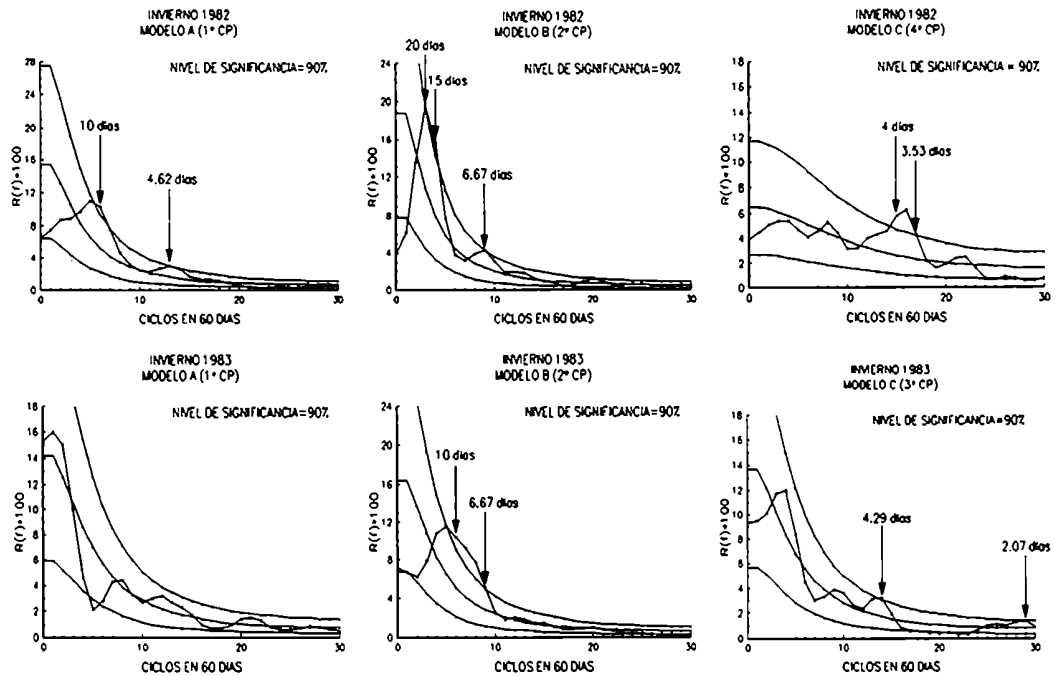


Figura 5.26: Espectros estacionales correspondientes a los modelos A, B y C (3 primeras CP) para los inviernos 1982 y 1983.

Espectros de los veranos: (fig. 5.27)

Es espectro de la 1°CP (modelo A) correspondiente al verano de 1981-82 presenta un máximo significativo importante entre 4.62 y 3.75 días mientras que en 1982-83 existe un único máximo significativo en 3.75 días. Esto indica una mayor persistencia de sistemas con topografía similar al flujo básico en 1981-82 con respecto a 1982-83.

La segunda componente (modelo B) presenta en el veranos 1981-82 un máximo significativo en longitudes de onda mas bajas que en el verano siguiente. El verano 1981-82 presenta un máximo significativo entre 4.29 y 4 días mientras que en el veranos 1982-83 este se ubica entre 5 y 4.29 días.

La tercer componente (modelo C), también muestra un corrimiento hacia longitudes de onda más bajas en el verano de 1981-82 (entre 4.62 días y 3.75 días) con respecto a 1982-83 (entre 5.45 y 4.62 días).

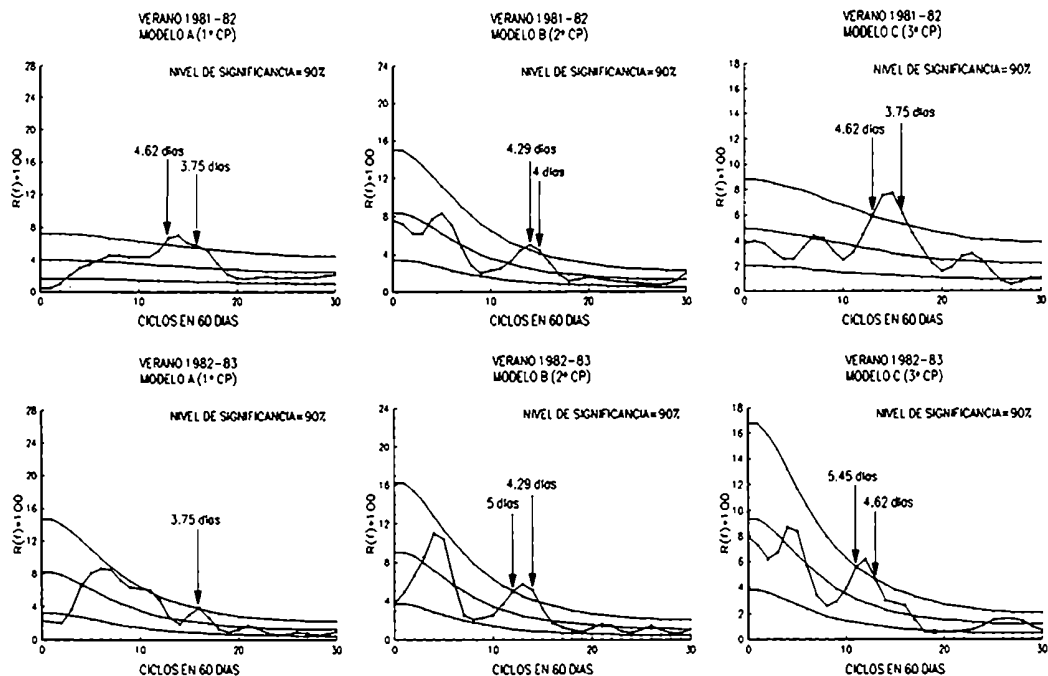


Figura 5.27: Espectros estacionales correspondientes a los modelos A, B y C (3 primeras CP) para los veranos 1981-82 y 1982-83.

Espectros anuales: (fig. 5.28)

El espectro de la 1° CPs. que corresponde al modelo A, presenta en 1982 picos significativos en un rango menor de longitudes de onda que en 1983. El espectro de 1982 presenta picos significativos entre 9.2 y 8.3 días, entre 5.45 y 5.33 días y entre 4.14 y 4.07 días mientras que el año 1983 los máximos se encuentran en 10.4 y entre 8 y 7.5 y entre 4,4 y 4,36 días.

El modelo B (2° CPs.), presenta en el año 1982 máximos espectrales en un rango de longitudes de onda mayor que en 1983. Los picos máximos para el año 1982 está entre 18.5 días y 2.1 días, mientras que en el año 1983 se encuentran entre 13.3 días y 3.7 días.

El modelo C (que corresponde a la 3° CPs.) durante 1983 muestra los máximos espectrales corridos hacia las longitudes de onda menores. Los máximos espectrales correspondientes al año 1982 son de 240 días, entre 6,91 y 6,72 días, entre 5,5 y 5,26 días, entre 4,10 y 3,90 días y un máximo poco significativo en 2,5 días. En 1983 los picos importantes están entre 11 y 9,68 días y entre 5,76 y 5,15 días y 2,92 días.

Estos resultados indicarían que, en general, durante el año 1982 la circulación estuvo más perturbada que durante el año 1983, aunque las varianzas explicadas por la 1° CP no muestran diferencias apreciables entre ambos.

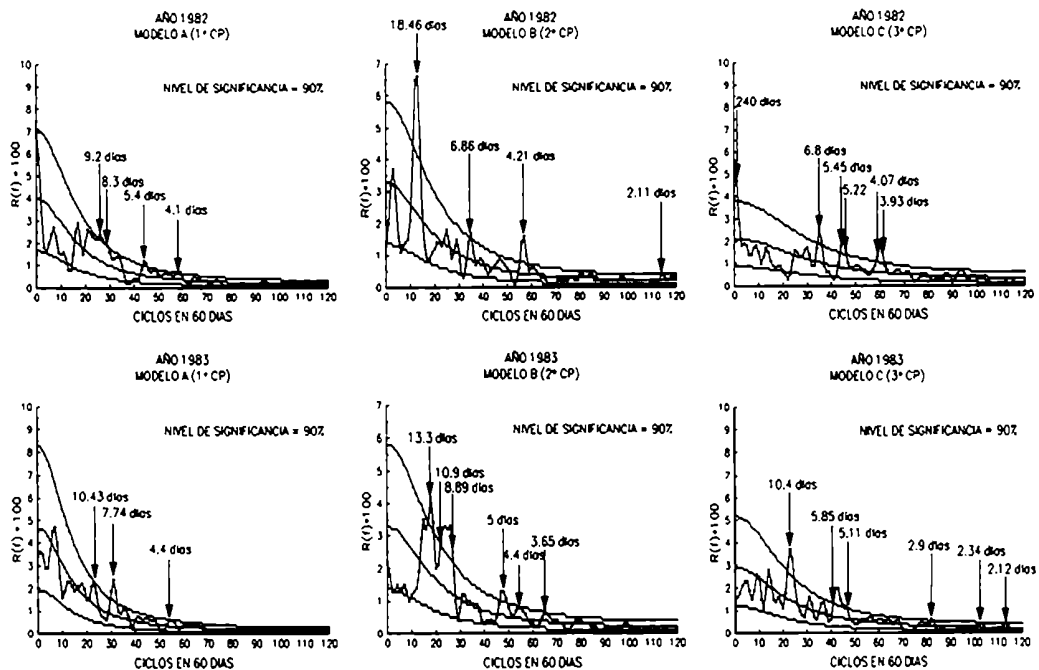


Figura 5.28: Espectros de los modelos A, B y C de los años 1982 y 1983.

5.4.2.5 Discusión y Conclusiones

Las anomalías de presión, temperatura y precipitación, muestran signos inversos entre los inviernos de 1982 y 1983.

El invierno de 1982, fue más perturbado que el de 1983.

La franja de anomalías negativas que se observa durante el verano de 1982-83 sobre la región de Chile se puede explicar por el mayor porcentaje de varianza explicada por el modelo C tipo (%Var+).

Aunque la varianza explicada por la 1°CP en las muestra anuales no parecen tener una diferencia importante entre un año y el siguiente, el año 1983 que presenta una mayor persistencia del flujo básico de acuerdo a los resultados del análisis espectral para el modelo A. En este mismo año, se observan muestra importantes anomalías positivas de precipitación en la región NE del áreas de estudio, lo cual podría justificarse por el aporte de aire cálido y húmedo desde el NE causado por la persistente presencia del Anticiclón semipermanente de Atlántico, que es uno de los radgos caracteríticos del modelo A. a su vez, las anomalías negativas de temperatura que se observan en 1983 en la región norte se podrían explicar por la mayor frecuencia de sistemas asociados al modelo tipo B que es el principal responsable de la advección de aire polar al continente.

La extensa anomalía positiva de precipitación que se observa en la zona norte durante el invierno de 1983 se puede explicar por la mayor persistencia del flujo básico o modelo A (61.3%), que provoca advección de aire húmedo en el sector NE, mientras que en 1982 el valor de varianza explicada por el modelo sólo es de 49,0%.

Aunque los inviernos 1982 y 1983 presentan anomalías negativas sobre Patagonia, durante 1982 estas son menores en aproximadamente 1°C que en 1983. La diferencia estaría asociada al mayor porcentaje de varianza explicada por el modelo tipo B (anticiclones post-frontales con advección de aire polar) que es 10.9% para 1982 y de 9,4% para 1983.

Las anomalías de presión durante los inviernos presentan signos opuestos (negativa en 1982 y positiva en 1983), la cual podría explicarse por la mayor frecuencia de sistemas B y C inverso, los cuales se asocian a sistemas con bajas presiones, durante 1982.

5.5 CONCLUSIONES REMARCABLES

En general, la presencia del evento ENSO, tiene mayor impacto en el sur de Sudamérica en los inviernos que en los veranos. Este resultado era esperable, ya que en los inviernos el gradiente de temperatura Ecuador/Polo es mayor que en los veranos, viéndose realzado aún más por la anomalía cálida del Pacífico Ecuatorial. Este aumento del gradiente requiere que la circulación atmosférica equilibre la diferencia en busca del balance, lo que realiza en el HS mediante la componente transiente del flujo (van Loon, 1979).

El área responde más sensiblemente al IOS que a la anomalía de TSM. Por lo tanto los años pueden agruparse en los que tienen menor IOS, representado por el grupo a) (1972, 1977 y 1982) respecto a los que tienen mayor IOS (y positivo), representados por el grupo b) que son 1973, 1976 y 1983. Los resultados son coherentes con esta agrupación:

- El grupo a) de menor IOS, presenta inviernos con circulación más perturbada, las componentes de los modelos correspondientes a las perturbaciones transientes explican mayor varianza que los del grupo b). Además el análisis espectral reveló perturbaciones más frecuentes y en mayor gama de longitudes de onda significativas para el grupo a).
- Los inviernos del grupo a) (IOS menores), fueron más cálidos que los invierno del grupo b) (IOS mayores).
- Las anomalías de presión, temperatura y precipitación, resultaron en general inversas en un invierno respecto al siguiente.

- Las anomalías de presión de los inviernos del grupo a) fueron negativas mientras que las del grupo b) fueron positivas.
- Los veranos previos al evento ENSO, 1971-72, 1975-76 y 1981-82 fueron más fríos que los veranos correspondientes a la fase madura del evento, 1972-73, 1976-77 y 1982-83.
- Los veranos de la fase madura exhiben, en general, mayores áreas y valores mayores de anomalías positivas de precipitación que los veranos previos a los ENSO.
- La presión tendió a ser igual o mayor durante los veranos previos a los ENSO que en los veranos de la fase madura de los eventos.
- Las anomalías de los años como un todo, no mostraron patrones preponderantes claramente diferenciables de un año al siguiente del par que conforman un episodio ENSO.

La característica de alternancia en los signos de las anomalías entre los sucesivos años, en especial inviernos, de los dos años que conforman el ciclo ENSO, es un aporte al pronóstico de las anomalías de presión, temperatura, circulación y en rasgos generales a la precipitación en el área.

El análisis espectral de las series de tiempo correspondientes a los modelos A y B muestra que los inviernos 1972, 1977 y 1982 (grupo a)) presentan mayor cantidad de máximos significativos (abarcando una mayor banda de longitudes de onda, desde más largas a más cortas, de perturbaciones existentes) que los inviernos de 1973, 1976 y 1983 (grupo b)) lo que indica que el primer grupo corresponde a condiciones de circulación más perturbada. Estos últimos (grupo b)) coinciden con índices de Oscilación Sur positivos o levemente negativos, mientras que los del grupo a) tienen índices de Oscilación Sur claramente negativos indicando que simultáneamente en el Pacífico Ecuatorial se presenta circulación anómala en la Celda de Walker.

BIBLIOGRAFÍA:

Aceituno, P. (1988): On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: surface climate. *Monthly Weather Review*, vol 116. 505-524.

Berlage, H.P. (1957): Fluctuations in general atmospheric circulations of more than one year, their nature and prognostic value. Koninklijk Nederlands. Meteorologisch Instituut Mededelingen en Verhandelingen, 69. Págs. 152.

Berlage, H.P. (1966): The Southern Oscillation and the world weather. Koninklijk Nederlands. Meteorologisch Institut Mededlingen en Verhandeligen, 88.1-152.

Bischoff, S. y Fernández, A., (1987): Sobre el comportamiento troposférico en áreas argentinas asociado a la ocurrencia del fenómeno Oscilación del Sur / El Niño 1976/1977. II Congreso Interamericano de Meteorología y V Congreso Argentino de Meteorología. Buenos Aires, Argentina. 5.4.1.-5.4.5.

Bjerknes, J (1969): Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. Monthly Weather Review, 97. 163-172.

Cane, M.A. (1983): Oceanographic events during El Niño. Science, 222. 1189 -1195.

Caviedes, C.N. (1975): El Niño 1972: Its climatic, ecological, human, and economic implications. The Geographical Review, 65. 493-509.

Caviedes, C.N. (1988): The effects of ENSO events in some key regions of the South American Continent. In S. Gregory (ed), Recent Climatic Change: A regional approach. 252-266.

Compagnucci, R.H. (1989): Precipitación en la región de Cuyo. Tesis Doctoral. Departamento de Ciencias de la Atmósfera, FCEyN. UBA. 238 Págs.

Compagnucci, R.H. (1991): Influencia del ENSO en el desarrollo socio-económico de Cuyo. Anales: CONGREGMET VI, 23-27 de septiembre de 1991, Buenos Aires, Argentina. 95-96.

Compagnucci, R.H. y Vargas, W.M. (1993): Snowfall in the Cordillera de los Andes and the ENSO events. Preprints: 4th International conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. 28 de marzo al 2 de abril de 1993, Hobart, Australia. 332-333.

Compagnucci, R.H. y Vargas, W.M. (1997): Interannual variability of Cuyo rivers streamflow in Argentinean Andean mountains and ENSO events. International Journal of Climatology. En Prensa.

Doberitz, R.(1968): Cross-spectrum analyses of rainfall and sea temperature at equatorial Pacific Ocean. Bonn. Met. Abh. Nº 8. 1-61.

Diaz, H.F. y Kiladis, G.N. (1992): Atmospheric teleconnections associated with the extreme phase of the Southern Oscillation. In Diaz,H.F. y Markgraf, V.(eds.), El Niño: Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation. Cambridge: Cambridge University Press, 7-28.

Enfield, D.B. (1989): El Niño, past and present. Reviews of Geophysics, 27. 159-187.

Estoque, M.A., Luque, J., Chandeck-Monteza, M. y Garcia, J.(1985): Effects of El Niño on Panamá rainfall. Geofisica Internacional, 24. 355-381.

Francou, B. y Pizarro, L. (1985): El Niño y la sequía en los Altos Andes Centrales: (Perú y Bolivia). Bull. Inst. Fr. Et. And. XIV. 1-18.

Fu, C., Diaz, H.F y Fletcher, J.U. (1986): Characteristics of the response of sea surface temperature in the Central Pacific associated with warm episodes of Southern Oscillation. Monthly Weather Review, 114. 1716-1738.

Hense, A. (1986): Multivariate statistical investigations of the northern hemisphere circulation during the El Niño event 1982/83. Tellus, 38A. 189-204.

Hildebrandsson, H.H. (1897): Quelques recherches sur les centre d'action de l'atmosphere. Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, 29. Págs.33.

Ichiye, T. y Petersen, J. (1963): The anomalous rainfall of the 1957-58 winter in the equatorial Pacific arid area. J. Meteorol. Soc. Jpn., 41. 172-182.

Karoly, D.J. (1989): Southern hemisphere circulation features associated with El Niño - Southern Oscillation events. Journal of Climate, 2. 1239 -1252.

Kiladis, G.N. y Diaz,H.F., 1989: Global climatic anomalies associated with extremes of the Southern Oscillation. Journal of Climate, 2. 1069-1090.

Kiladis, G.N. y van Loon, H.(1988): The Southern Oscillation. Part VII: Meteorological anomalies over the Indian and Pacific sectors associated with the extremes of the Oscillation. *Monthly Weather Review*, 116. 120-136

Lockyer, N y Lokyer, W.J.S. (1902 a): On some phenomena which suggest a short period of solar and meteorological changes. *Proc.R.Soc. London* 70. 500.

Lockyer, N y Lokyer, W.J.S. (1902 b): On the similarity of the short period pressure variation over large areas. *Proc.R.Soc. London* 71. 134-135.

Lockyer, N y Lokyer, W.J.S. (1904): The behavior of the short-period atmospheric pressure variation over the earth's surface. *Proc.R.Soc. London* 73. 457-470.

Nobre, C.A. y Oliveira, A.S.de (1987): Percipitation and circulation anomalies in South America and the 1982-1983 El Niño / Southern Oscillation episode. Conference on Geophysical Fluid Dynamics with special emphasis on "El Niño". Sao José dos Campos, Brasil. 325-328.

Nicholls, N. (1992): Historical El Niño/Southern Oscillation variability in the Australasian region. In Diaz,H.F. y Markgraf, V.(eds.), *El Niño: Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge: Cambridge University Press, 151-173.

Nuñez, M.N. (1987): Clima: evolución y futuro. *Boletín informativo Techint*

Parthasarathy, B. y Pant, G.B., 1985: Seasonal relationships between Indian summer monsoon rainfall and the Southern Oscillation. *Journal of Climatology*. 5. 369-378.

Phinlander, S.G. (1990): *El Niño, La Niña and the Southern Oscillation*. San Diego: Academic Press, INC. Págs. 289.

Quinn, W.H., (1992): A study of Southern Oscillation - related climatic activity for A.D. 622 - 1990 incorporating Nile River flood data. In Diaz, H.F. y Markgraf, V (eds), *El Niño: Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge: Cambridge University Press. 119-149.

Quinn, W.H. y Neal, V.T. (1983): Long-term variation in the Southern Oscillation, El Niño and Chilean subtropical rainfall. *Fichery Bulletin, U.S.*, 81. 363-374.

Ramge, C.S. (1975): Preliminary discussion of the meteorology of the 1972-73 El Niño. *Bulletin American Meteorological Society*, 56. 234-242.

Ramge, C.S. (1986): El Niño. *Scientific American*. Junio, 1986. 76-83.

Rasmusson, E.M. (1987) Meteorological Aspects of the El Niño - Southern Oscillation phenomenon. Conference on Geophysical Fluid Dynamics. Sao José dos Campos Brasil. 46-89.

Rasmusson, E.M. y Carpenter, T.H. (1982): Variations in tropical sea surface temperature and seurface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Monthly Weather Review*, 110. 354-384.

Ropelewski, C.F, y Harper, M.S. (1987): Global and regional scale precipitation patterns associated with teh El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115. 1606-1626.

Ropelewski, C.F, y Harper, M.S. (1996): Quantifying Southern Oscillation - precipitation relationship. *Journal of Climate*, 9. 1043-1059.

Schönherr, T. y Nicholson, S.E. (1989): The relationship between California rainfall and ENSO events. *Journal of Climate*, 2. 1258-1269.

Texeira Nery, Jonas (1996): Estudio climático de la precipitación del Brasil Meridional asociado con fenómeno extrarregionales. Tesis Doctoral, Departamento de Ciencias de la Atmósfera, Universidad de Buenos Aires. Págs. 131.

Trenberth, K.E. (1976): Spatial an temporal varitions of the Southern Oscillation. *Quaterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 102. 639-653.

Trenberth, K.E. (1989): Toga and atmospheric prosses. In Understanding Climate Change, Geogh. Monograph, 52. IUGG, 7, A.Berger, R.E.Dickinson y J.W. Kidson (eds). 117-125.

Trenberth, K.E. y Shea, (1987): On the evolution of the Southern Oscillation. Monthly Weather Review, 115. 3078-3096.

Valdez, A.J. y Ereño, C.E. (1984): El fenómeno denominado “El Niño” y las inundaciones del Paraná. Informe Organización Techint, 235. 29-75.

van Loon, H. (1979): The association between latitudinal temperature gradient as eddy transport. Part I: transport of sensible heat in winter. Monthly Weather Review, 107. 525-534.

Vargas, W.M. (1987): El clima y sus impactos. Implicancias de las inundaciones del noroeste de Buenos Aires. Boletín Informativo Techint, N° 250. 9-44.

Woodman, R.F. (1985): Recurrencia del fenómeno “El Niño” con intesidad comparable a la del año 1982-1983. En Ciencia, Tecnología y Agresión Ambiental: El Fenómeno “El Niño”. CONCYTEC Press, Lima, 301-332.

CAPÍTULO 6:

CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA Y ANOMALÍAS DE AÑOS “NORMALES”

6.1 INTRODUCCIÓN:

Para determinar el impacto producido por el evento ENSO en el área de estudio tanto en su fase cálida como fría, se deben considerar también aquellos años en los cuales no se registraron anomalías asociadas a este fenómeno en el Pacífico Ecuatorial. Con este objetivo se analizaron las muestras anuales y estacionales correspondientes a 1974, 1978, 1979, 1980 y 1981, años en los cuales no se registraron anomalías en el Pacífico Ecuatorial de acuerdo a Kiladis y van Loon (1988) y Quinn (1992).

En el capítulo 4 y en Compagnucci y Salles (1997) se describieron los principales modelos de presión de superficie a través del ciclo anual. Este comportamiento definido mediante el análisis de 12 años de datos es considerado en el presente trabajo como condiciones “climáticas”. Los resultados muestran que los modelos o tipos sinópticos principales no varían a través del año, solo se observan cambios de varianza explicada por los mismos. En los años ENSO se observa que los tipos sinópticos obtenidos son los mismos que los hallados para el ciclo anual tomando 12 años de datos y que las principales diferencias ocurren en los porcentajes de varianza explicados por los mismos como es posible ver en los resultados obtenidos en el capítulo 5 y en Salles y Compagnucci (1995 y 1997). Es de esperar que, los tipos sinópticos que se encuentren para las muestras estudiadas correspondientes a los años ‘normales’ presenten las mismas características topográficas que aquellos hallados anteriormente y sólo se observen variaciones en cuanto a la varianza explicada por los mismos.

El análisis de estos datos permite completar la secuencia de resultados obtenidos para los años individuales, inviernos y veranos del período 1972 a 1983. En el período completo, se espera detectar señales del salto climático ocurrido a fines de la década de 1970, en el Pacífico Ecuatorial notado por Trenberth (1990) quien encontró diferente régimen en las series de tiempo de presión de superficie en el Pacífico Norte entre 27.5°N y 72.5°N y entre 147.5°E y 122.5°W para los inviernos después de 1976. Este cambio en la presión de superficie produjo un

calentamiento en Alaska y un enfriamiento en el Pacífico Central y Oeste provocado por la profundización de la baja de las Aleutianas. Knapp y Yin (1996) analizan las alturas geopotenciales correspondientes a 700hPa y 500Hpa para la región SE de USA entre 1946 y 1992 encontrando dos periodos uno frío entre 1946 y 1976 donde observan gran variabilidad y otro cálido entre 1976 y 1992 donde la variabilidad es menor.

En el Hemisferio Sur, van Loon y otros (1993) muestran un repentino cambio en los dos primeros armónicos del ciclo anual latitudes medias y altas en 1977, el principal cambio se observa en la onda semianual. sobre los tres océanos, pero este es particularmente importante en el Océano Pacífico donde la onda semianual se debilita y desaparece después de 1977. Hurrell y van Loon (1993) discuten la posibilidad de que el cambio en la oscilación semianual se deba al aumento de la temperatura superficial del mar en los trópicos a fines de la década del 70.

Ebbesmeyer y otros (1991) examinan 40 series de variables ambientales del Océano Pacífico y de América para el periodo 1968 - 1984, ellos encuentran que en 1976 existe un abrupto cambio en las series estudiadas. Estas series de variables multidisciplinarias del medio ambiente incluyen: temperatura del aire y agua, polvo atmosférico, Oscilación Sur, viento, cobertura de hielo, clorofila, salinidad, descarga de ríos, rutas de migración del salmón, etc., medidas en distintas partes del Océano Pacífico y América.

En el área de estudio, Vargas y otros (1995) observan un cambio climático en julio de 1977 al estudiar las variaciones de los índices de los oestes obtenido como la diferencia del promedio mensual de presión entre Punta Galera y Punta Arenas.

6.2 DATOS UTILIZADOS:

Se analizan los datos correspondientes a los veranos (diciembre, enero y febrero) 1974-75, 1977-78, 1978-79, 1979-80, 1980-81, los inviernos (junio, julio y agosto) de 1974, 1978, 1979, 1980, 1981 y los años completos 1974, 1978, 1979, 1980, 1981.

6.3 RESULTADOS

6.3.1 Campos de anomalías:

Este análisis es válido en la zona continental de área de estudio pero se deben tomar con precaución los resultados obtenidos sobre los Océanos ya que se cuenta con muy poca información.

En todos los casos se han sombreado las anomalías negativas.

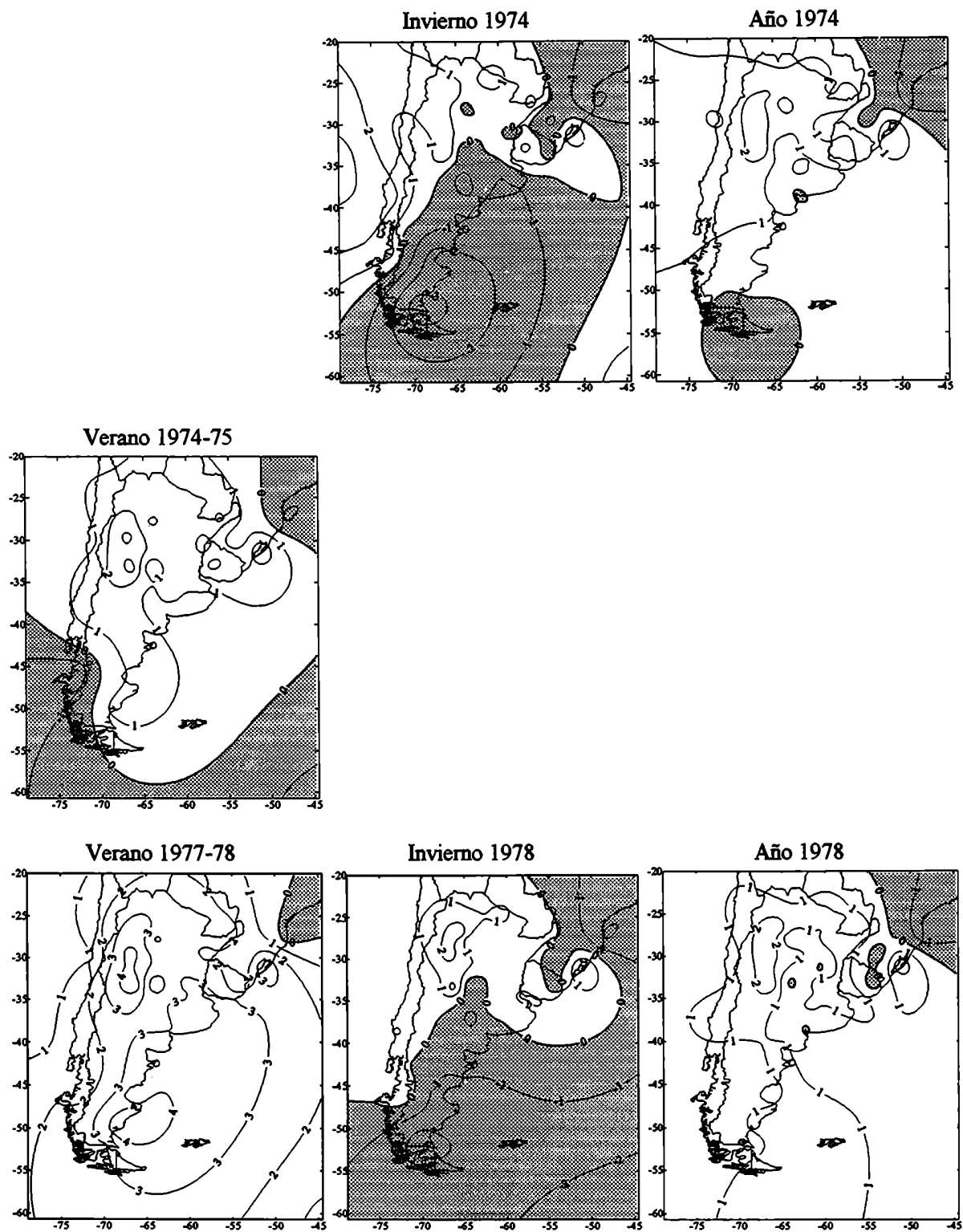
Los campos de anomalías de presión (fig. 6.1) correspondientes a los veranos muestran en todos los casos predominio de anomalías positivas, observándose en los veranos correspondientes a 1974-75 y 1980-81 anomalías negativas en el sur de Chile e islas Orcadas y en el veranos 1979-80 se aprecian núcleos de anomalías negativas en el sur de la Patagonia, centro-sur de Chile y norte del Uruguay y sur de Brasil.

El campo de anomalías de presión para los inviernos presenta valores negativos en la región sur de Brasil y al este de la Patagonia, Tierra del Fuego y Océano Atlántico Sur en todos los casos salvo en el invierno de 1981 donde esta anomalía solo abarca el sur del Santa Cruz y Tierra del Fuego. En la zona norte es ocupada en su mayor parte por anomalías positivas.

Los campos anuales de anomalías de presión muestran en 1974, 1978, 1979 y 1981 el predominio de anomalías positivas en todo el área de estudio con anomalías negativas que afectan el sur de la Patagonia salvo en 1979 y el sur de Brasil. En 1980 se observan anomalías negativas que afectan la mayor parte de la Patagonia.

Mientras que en los años de evento ENSO, previamente estudiados en el capítulo 5, las anomalías de presión muestran patrones de anomalías negativas para 1972, 1977 y 1982 y de anomalías positivas para 1973, 1976 y 1983. En estos años considerados “normales”, las anomalías para el sector central y norte del área de estudio son positivas y en algunos casos negativas para el sector sur, señalando una tendencia generalizada a un aumento del índice zonal de circulación con respecto al periodo de referencia 1931-60.

ANOMALÍAS DE PRESIÓN



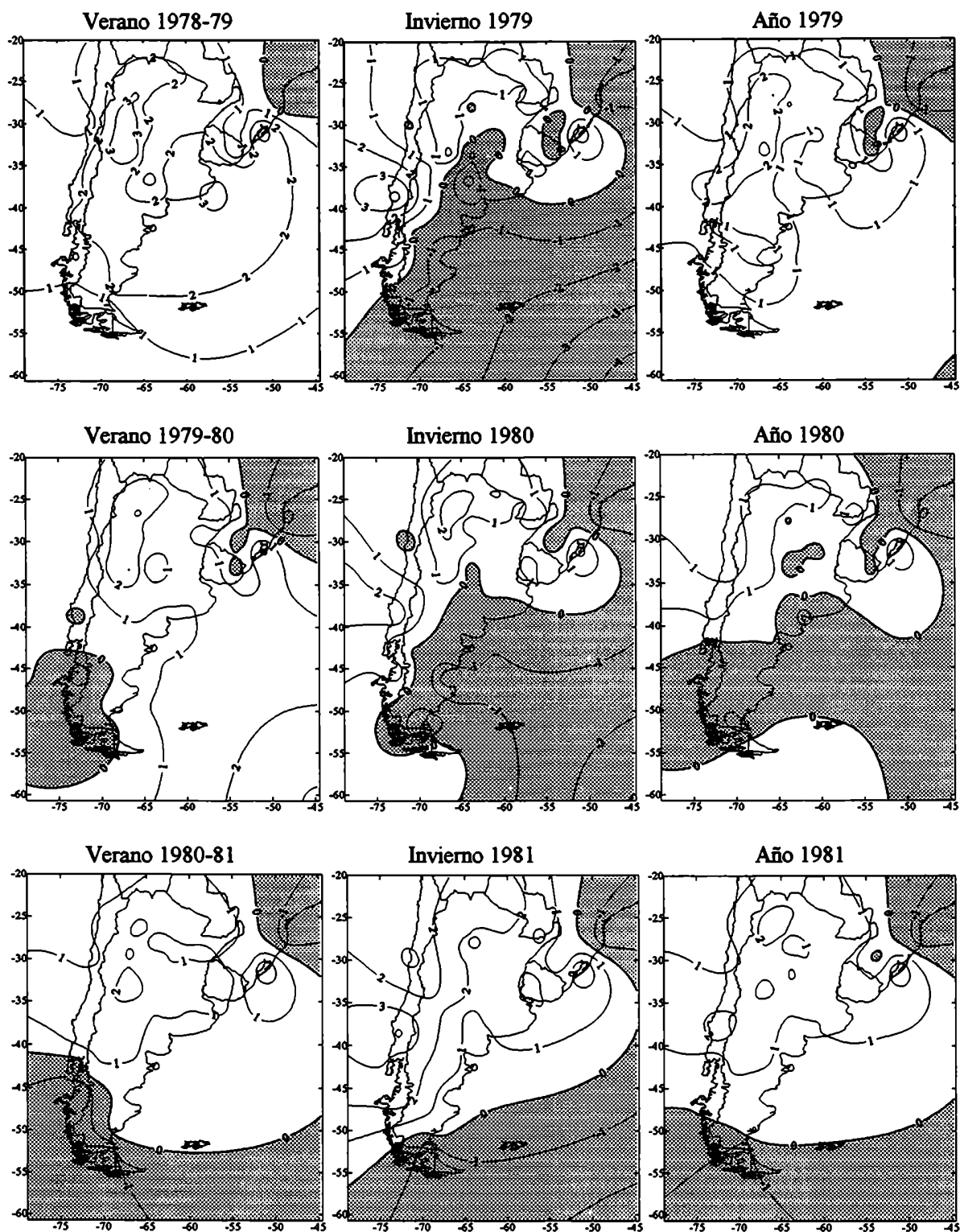


Figura 6.1 : Anomalías de presión de los veranos 1974-75, 1977-78, 1978-79, 1979-80 y 1980-81, los inviernos 1974, 1978, 1979, 1980 y 1981 y los años 1974, 1978, 1979, 1980 y 1981.

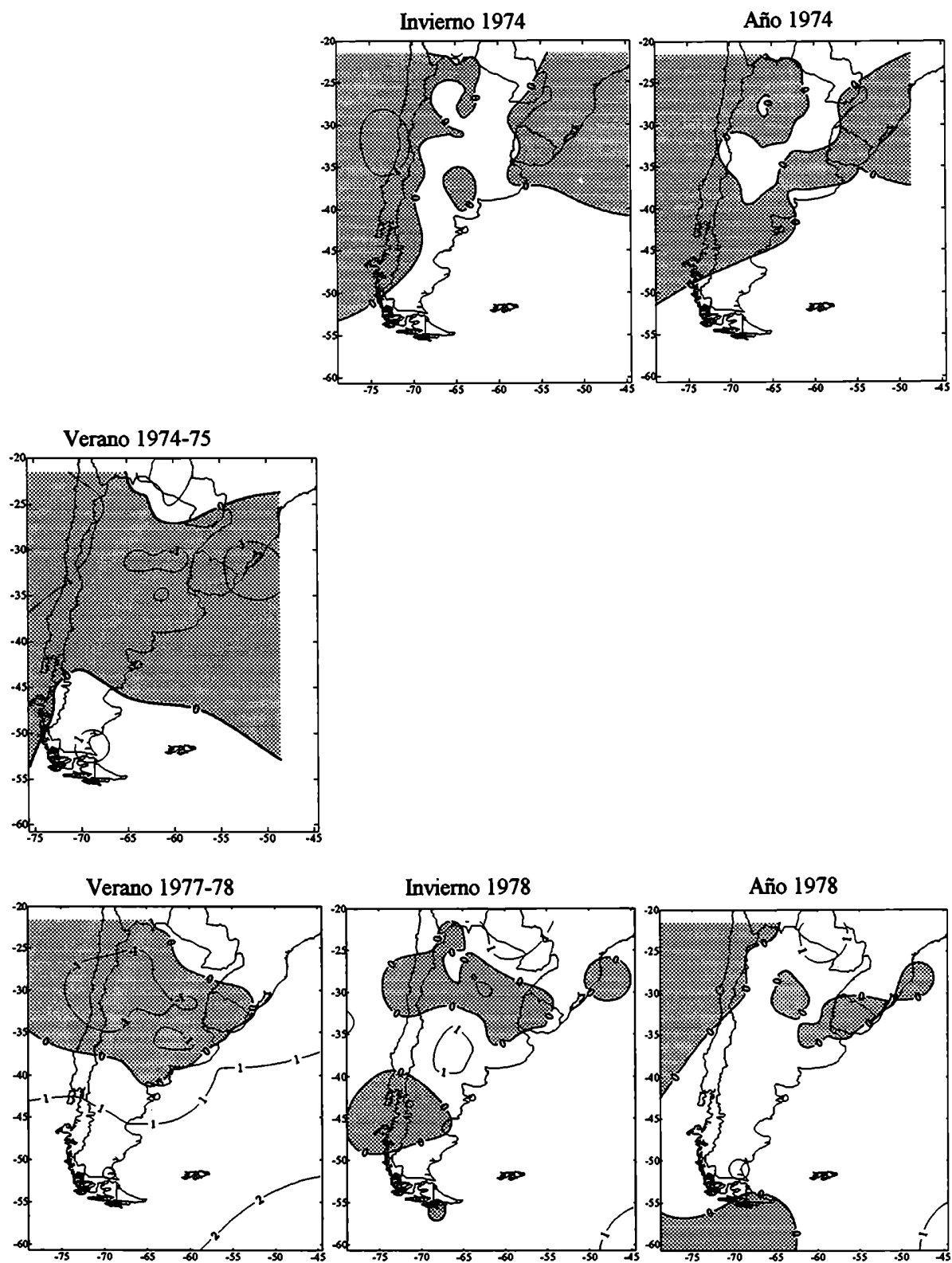
El campo de anomalías de temperatura (fig. 6.2) correspondiente al verano 1974-75 muestra anomalías negativas en la mayor parte del área de estudio, con anomalías positivas en la Patagonia al sur de 45°S y en el norte del país. El verano 1977-78 muestra anomalías negativas en el norte de Chile de 40°S, centro y NO de Argentina y Uruguay. Los veranos 1978-79 y 1979-80 muestran en ambos casos anomalías positivas más extensas apreciándose anomalías negativas en NO y oeste del área de estudio sur de Brasil y Orcadas, en el verano de 1979-80 también se observa un núcleo de anomalías negativas en el oeste de Uruguay. El campo correspondiente al veranos 1980-81 presenta anomalías negativas en la región centro, oeste y norte de Argentina, en la región cordillerana al norte de 45°S y Chile entre 45°S y 25°S.

Los inviernos muestran en 1974, 1980 y 1981 temperaturas bajo la media en el área sur de Brasil, Uruguay y norte de la Provincia de Buenos Aires, mientras que en 1978 se observa anomalías negativas en el sur de Brasil y oeste de Uruguay y en 1979 solo se observa en el sur de Brasil.. El invierno más cálido es el de 1979 donde la mayor parte del área de estudio presentó anomalías positivas.

El campo de anomalías de temperatura para 1978, 1980 y 1981 extensas anomalías positivas en la mayor parte del área de estudio, mientras que en 1974 y 1979 el resto de los años no se observa una anomalía dominante.

En general no se observa un patrón de anomalías común a los años considerados “normales”.

ANOMALÍAS DE TEMPERATURA



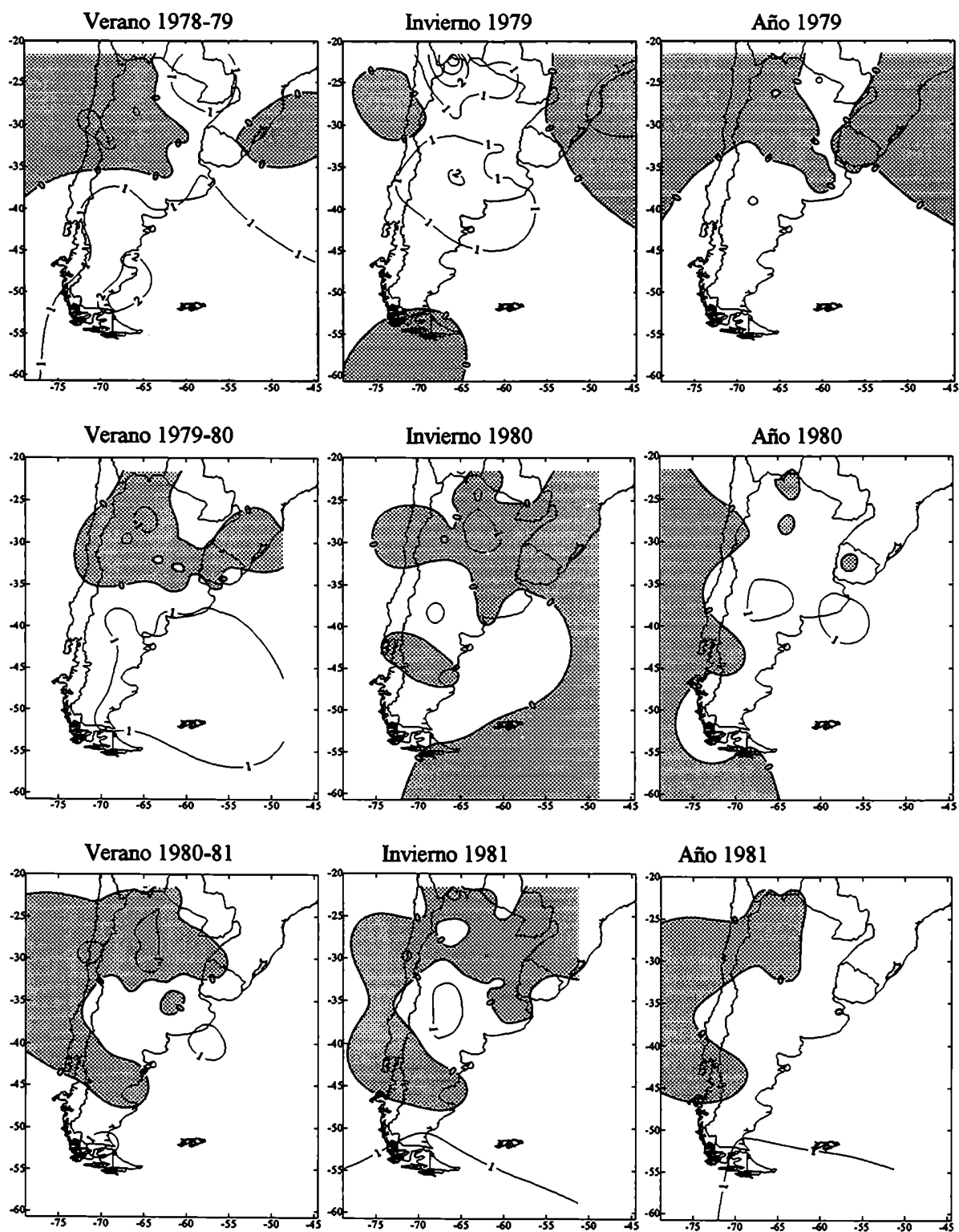


Figura 6.2 : Anomalías de temperatura de los veranos 1974-75, 1977-78, 1978-79, 1979-80 y 1981-82, los inviernos 1975, 1978, 1979, 1980 y 1981 y los años 1975, 1978, 1979, 1980 y 1981.

El campo de anomalías de precipitación (fig. 6.3) correspondiente al verano 1974-75 muestra anomalías negativas en la mayor parte del área estudiada, observándose anomalías positivas en el sur de Brasil y norte de Uruguay, La Pampa, Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos, parte de la Provincia de Buenos Aires, La Rioja, Cajamarca, Entre Ríos y Misiones. El verano 1977-78 presenta extensas e intensas anomalías positivas, observándose valores debajo de lo normal en el sur de Brasil y NE de Argentina, centro y norte de Chile, parte de Buenos Aires y la región al sur de 40°S. El verano 1978-79, no presenta ningún tipo de anomalías dominantes observándose anomalías negativas en el NE de la región de estudio al norte de 38°S, en la Patagonia al sur de 40°S y sobre Chile. El verano 1979-80 presenta anomalías positivas en la mayor parte del área de estudio, observándose valores bajo lo normal en Uruguay, Entre Ríos, Santa Fe, Chubut, parte de las provincias de Buenos Aires, Río Negro, Santa Cruz y Tierra del Fuego, sur y extremo Norte de Chile y sur de Bolivia. El campo de anomalías del verano 1980-81 esta dominado por anomalías positivas, observándose anomalías negativas al norte de Chile , extremo NO de Argentina y en la región sur de Chile.

El campo de anomalías de precipitación asociado a los inviernos aquí estudiados presenta generalizadas áreas de anomalías negativas en los inviernos 1978, 1980 y 1981. El invierno de 1974 y 1979 no muestra anomalías dominantes. El invierno de 1974 muestra anomalías positivas en el centro de Chile, la región cordillerana de Argentina entre 40°S y 25°S, sur de Brasil y la región entre 29° y 32°S. El invierno de 1979 presenta anomalías positivas en la Patagonia y centro de la Argentina. En general no se observan extensas zonas de anomalías positivas con valores que sobrepasen los 100 mm.

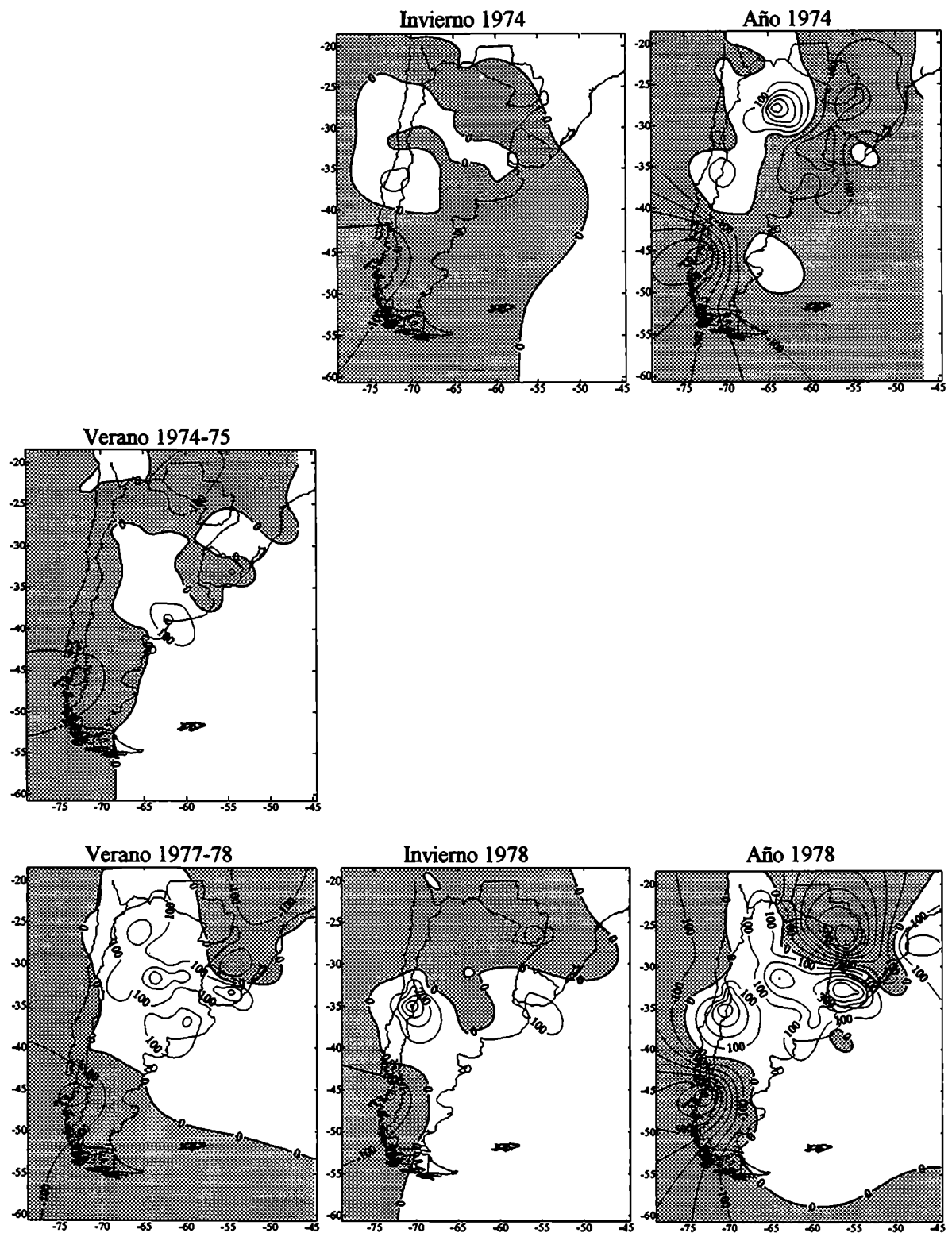
Las anomalías anuales de precipitación muestran en todos los casos anomalías negativas en Tierra del Fuego y al oeste de la Patagonia y sur de Chile en todos los años menos en 1978. Anomalías negativas se observan al NNE y/o NE del área de estudio en todos los años menos en 1980, siendo en algunos casos muy importantes como en 1975, 1978 y 1981 donde superan los 400 mm.

El año 1974 muestra anomalías negativas que abarcan el NE del País y sur de Brasil, sur de Uruguay , Provincia de Buenos Aires, parte de Santa Fe e importantes anomalías en la región sur de Chile; anomalías positivas importantes se puede observar en el centro de Argentina. En el año 1978 el campo de anomalías positivas está dominado por anomalías mayores que cero, observándose valores los 200 mm en Uruguay, Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba y sur de Chile.

En 1979 se registraron anomalías positivas en el centro de Argentina en forma longitudinal con valores que sobrepasan los 300 mm en Tucumán y Santiago del Estero y San Luis; también se observan importantes anomalías negativas con valores menores de 300 mm en el sur de Uruguay y este de Buenos Aires y en el sur de Chile. En 1980, se observan anomalías positivas intensas en la Prov. de Buenos Aires, centro y NE del la región de estudio.

En general no existen características comunes en los patrones de anomalías durante los años “normales” de este período, lo mismo ocurre a nivel estacional. De acuerdo con Ropelewsky y Harper (1987), los años ENSO se caracterizan por precipitaciones sobre lo normal en la Pampa Húmeda y NE del área durante los veranos de la fase madura. En el capítulo 5 es posible observar que esta característica se cumple para 1972-73, 1973-74, 1975-76, 1976-77, 1981-82 y 1982-83, pero también tienen anomalías positivas en el área los veranos “normales” de 1977-78 y 1980-81, mostrando que este rasgo no es prioritario de los años con evento ENSO.

ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN



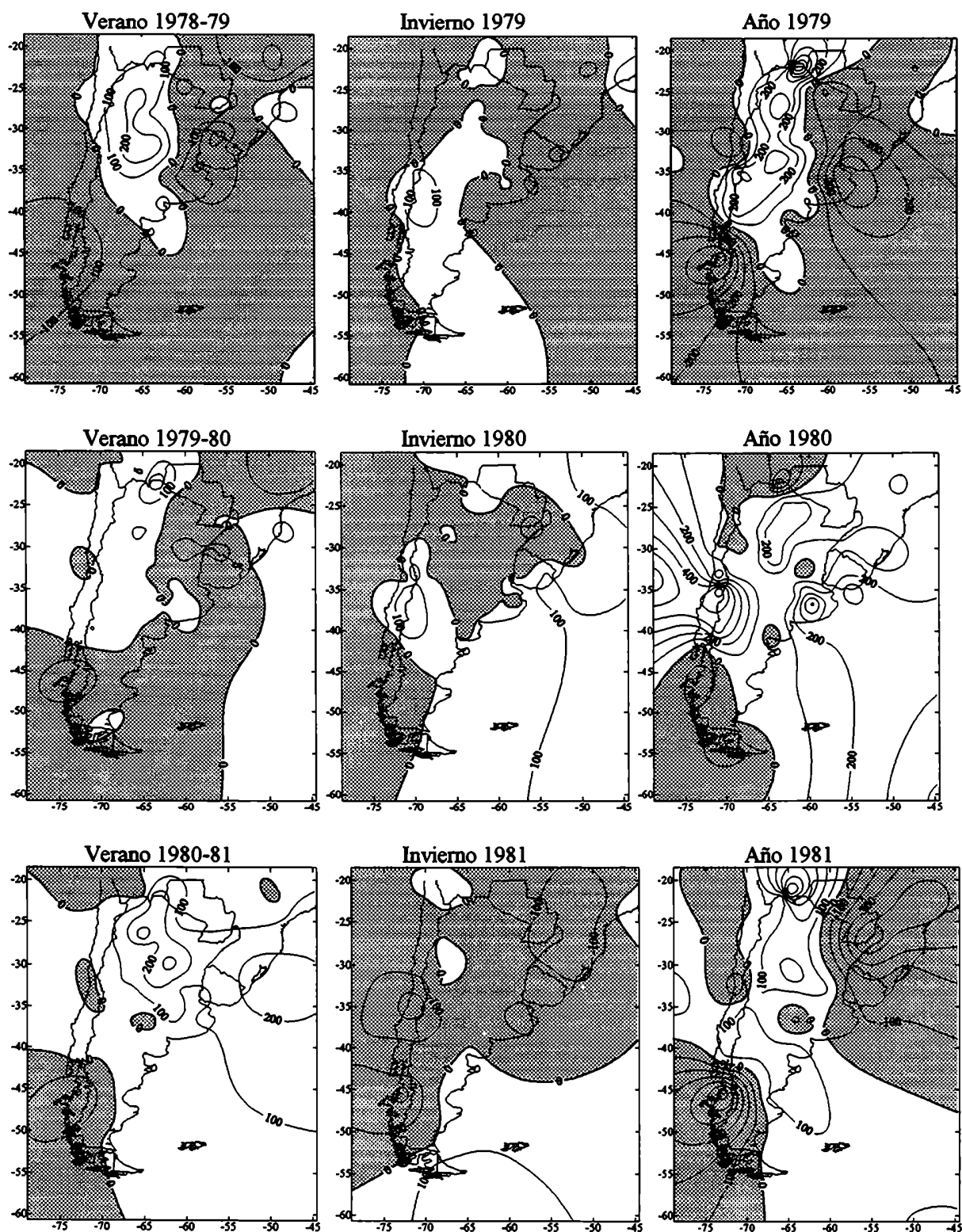


Figura 6.3 : Anomalías de precipitación correspondientes a los veranos 1974-75, 1977-78, 1978-79, 1980-81, los inviernos 1974, 1978, 1979, 1980 y 1981 y los años 1974, 1978, 1979, 1980 y 1981.

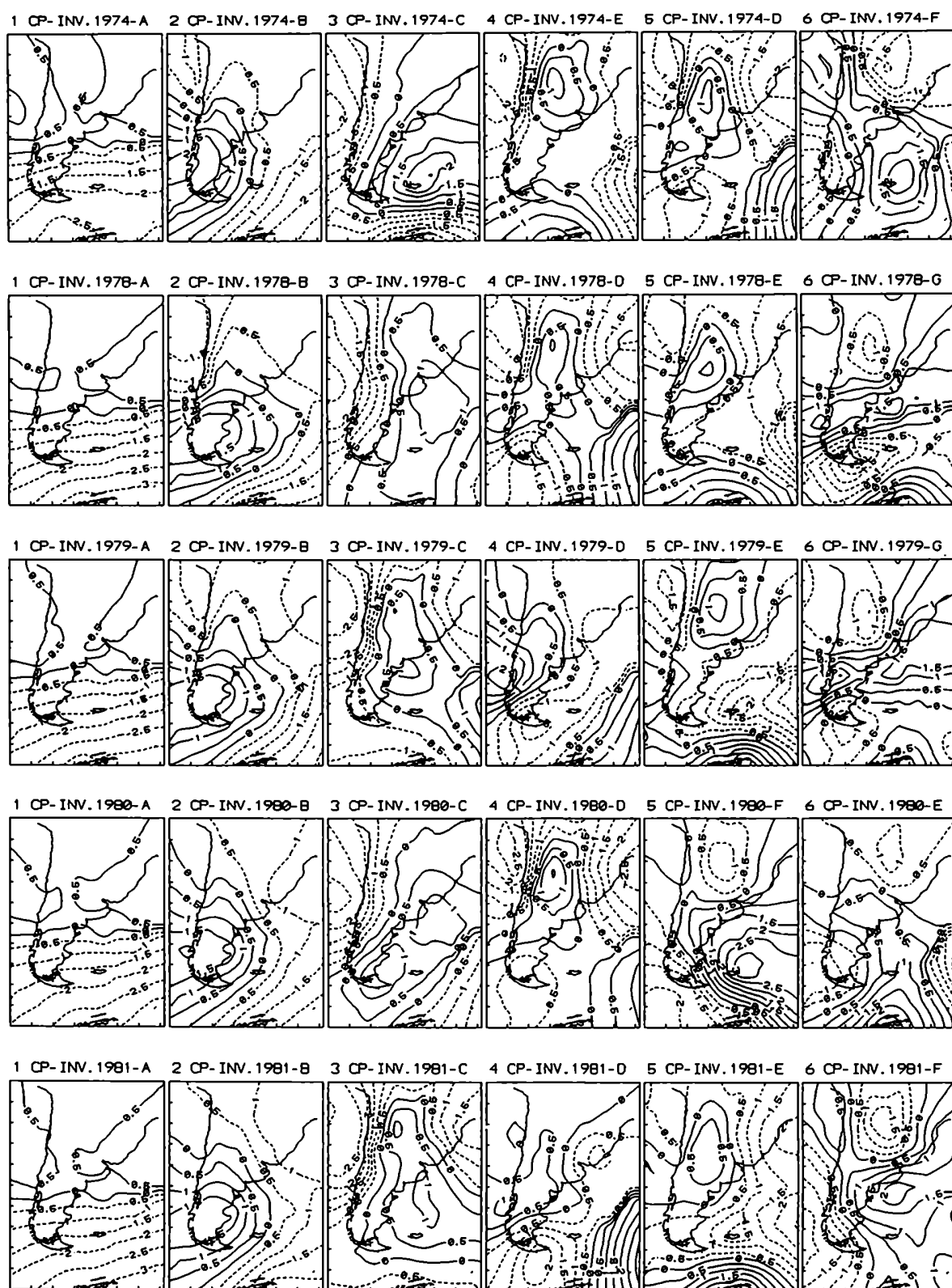


Figura 6.4: Modelos correspondientes a la 6 primeras CPs de los inviernos de 1974, 1978, 1979, 1980 y 1981.

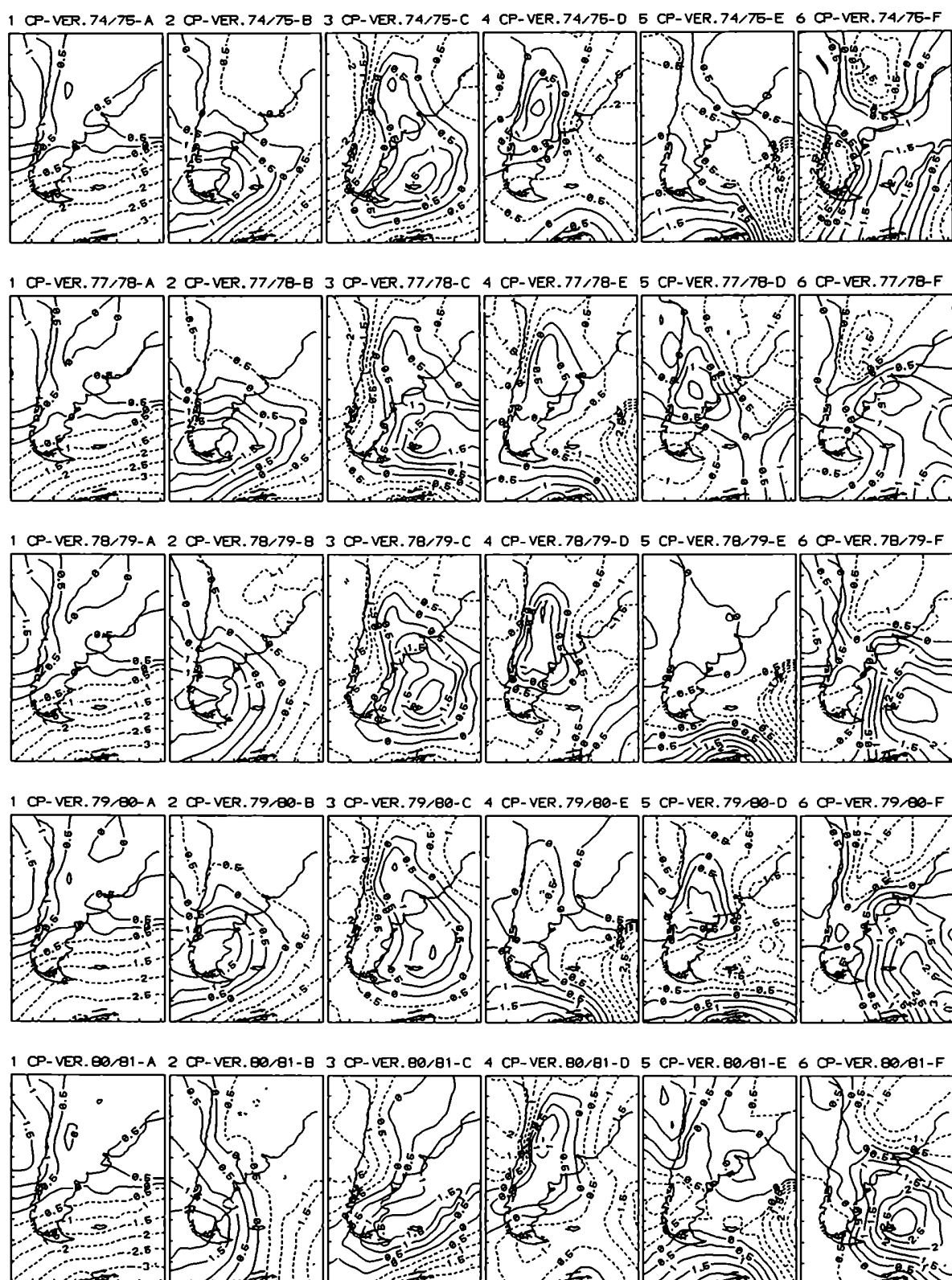


Figura 6.5: Modelos correspondientes a la 6 primeras CPs de los veranos 1974-75, 1977-78, 1978-79, 1979-80 y 1980-81.

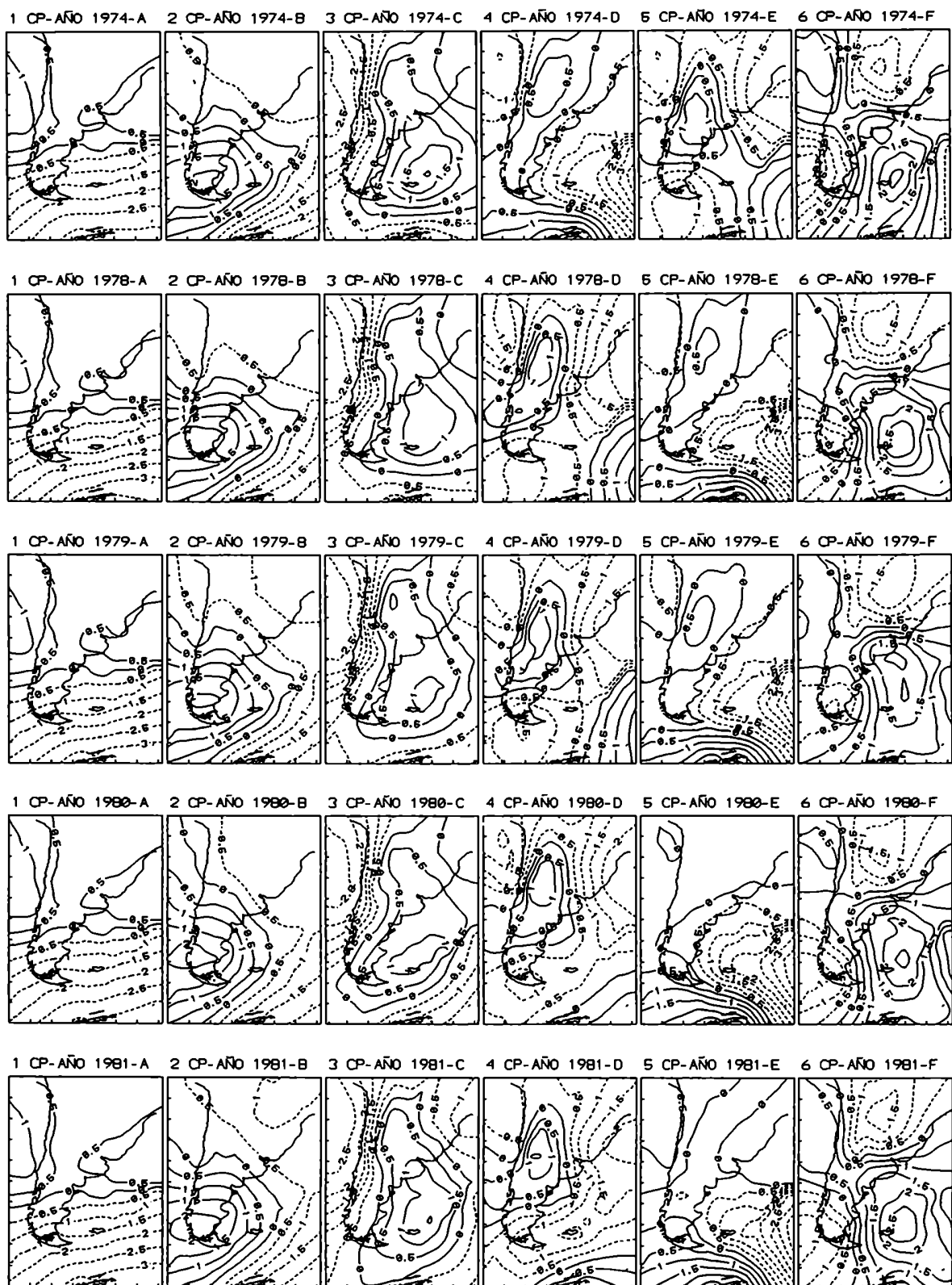


Figura 6.6: Modelos correspondientes a la 6 primeras CPs de los años 1974, 1978, 1979, 1980, y 1981

Para los inviernos se observan valores similares de varianza explicada por las componentes asociadas las perturbaciones transientes con excepción de la segunda componentes (modelo B) correspondiente al invierno de 1978 que explica entre 27% y 20 % más que para el resto de los inviernos.

La primer componente de las muestras anuales no presenta variaciones de varianza explicada entre los años analizados, manteniéndose los valores entre 61.6% en 1981 y 60.3% en 1978. Las componentes transientes tampoco muestran variaciones significativas en los resultados de las muestras anuales.

Tabla 6.1: Porcentajes de varianza correspondientes a las 6 primeras componentes principales, discriminados en varianza positiva (%Var+) asociado al modelo tipo y varianza negativa (%Var-) correspondiente al modelo inverso.

CP	VERANO 1974-75				VERANO 1977-78			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	62.9	0.0	62.9	A	63.4	0.0	63.4
2	B	9.6	4.9	77.4	B	7.6	5.1	76.0
3	C	2.3	3.1	82.8	C	3.0	3.9	82.9
4	D	2.6	2.0	87.4	E	2.4	1.7	87.0
5	E	1.7	1.5	90.6	D	1.9	1.8	90.7
6	F	1.0	0.8	92.4	F	1.2	1.1	93.0

CP	VERANO 1978-79				VERANO 1979-80			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	70.1	0.0	70.1	A	65.6	0.0	65.6
2	B	5.6	3.6	79.3	B	7.3	5.0	77.9
3	C	2.7	2.2	84.2	C	2.7	3.3	83.9
4	D	1.7	1.9	87.8	E	1.5	1.7	87.1
5	E	1.6	1.2	90.6	D	1.6	1.4	90.1
6	F	1.4	0.8	92.8	F	1.0	1.7	92.8

CP	VERANO 1980-81			
	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	71.0	0.0	71.0
2	B	4.9	2.6	78.5
3	C	2.9	2.8	84.2
4	D	1.5	2.3	88.0
5	E	1.7	1.4	91.1
6	F	0.9	0.9	92.9

INVIERNO 1974					INVIERNO 1978			
CP	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	62.0	0.0	62.0	A	58.4	0.9	59.3
2	B	7.2	6.0	75.2	B	5.4	11.4	76.1
3	C	3.0	4.1	82.3	C	2.7	4.7	83.5
4	E	2.5	2.8	87.6	D	1.4	4.1	89.0
5	D	1.5	1.8	90.9	E	1.6	1.1	91.7
6	F	1.5	0.7	93.1	G	0.6	1.0	93.3

INVIERNO 1979					INVIERNO 1980			
CP	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	65.0	0.0	65.0	A	56.5	0.2	56.7
2	B	7.1	6.0	78.1	B	7.2	5.1	69.0
3	C	1.9	3.3	83.3	C	4.6	4.5	78.1
4	D	2.0	2.9	88.2	D	1.2	6.0	85.3
5	E	1.5	1.9	91.6	F	2.8	1.5	89.6
6	G	0.7	1.0	93.4	E	2.2	1.1	92.9

INVIERNO 1981				
CP	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	60.9	0.0	60.9
2	B	8.2	5.2	74.3
3	C	2.5	3.9	80.7
4	D	1.3	3.6	85.6
5	E	1.6	1.9	89.1
6	F	1.5	1.1	91.7

AÑO 1974					AÑO 1978			
CP	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	61.3	0.0	61.3	A	60.1	0.2	60.3
2	B	8.2	5.3	74.8	B	6.4	6.5	73.2
3	C	2.3	3.9	81.0	C	2.5	4.3	80.0
4	D	2.5	2.3	85.8	D	2.0	2.7	84.7
5	E	1.6	2.0	89.4	E	1.9	1.9	88.5
6	F	1.4	0.7	91.5	F	1.1	0.9	90.5

AÑO 1979					AÑO 1980			
CP	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	61.1	0.1	61.2	A	60.8	0.0	60.8
2	B	8.0	5.1	74.3	B	7.1	4.7	72.6
3	C	2.5	4.2	81.0	C	3.3	3.7	79.6
4	D	1.9	2.6	85.5	D	2.0	3.3	84.9
5	E	1.9	1.5	88.9	E	2.0	1.6	88.5
6	F	1.4	1.0	91.3	F	1.3	1.0	90.8

AÑO 1981				
CP	Mod.	%Var+	%Var-	%Acum.
1	A	61.5	0.1	61.6
2	B	7.5	5.7	74.8
3	C	2.6	2.8	80.2
4	D	2.0	2.5	84.7
5	E	2.5	1.6	88.8
6	F	1.5	0.7	91.0

Las anomalías determinadas en la sección anterior para los años ‘normales’, son relacionadas con la varianza explicada por los diferentes tipos de circulación que afectaron en área de estudio en los diferentes períodos. Algunas de estas anomalías son explicables a través de las características de la circulación, determinadas por cambios de frecuencias de los modelos evaluados mediante las varianzas explicadas por las CPs que se retuvieron (que en todos los casos explican más de 90% de la varianza), tabla 6.1.

En los veranos de 1974-75 y 1977-78 se observan anomalías negativas de temperatura al norte de 43°S (fig. 6.2) debido posiblemente a la mayor frecuencia de sistemas asociados al modelo tipo B (Var+) con 9.6 % y 7.6% de varianza explicada respectivamente (tabla 6.1), que esta asociado a sistemas de alta presión sobre la Patagonia que determinan la entrada de aire frío. Conjuntamente el modelo A, asociado con el campo medio y que representaría advección de aire cálido y húmedo del NE, explica bajos valores de varianza durante estos veranos.

Las **anomalías de precipitación** (fig.6.3) que se observan en los **veranos** en la zona central de la Argentina se pueden asociar a la persistencia situaciones similares a las dadas por el modelo A (tabla 6.1) que posibilita la entrada de aire cálido y húmedo a la región y también mayor frecuencia de sistemas que se pueden asociar al modelo C con bajas presiones (ver varianzas explicadas en la tabla 6.1).

El verano 1977-78 presenta anomalías positivas de precipitación en el mayor parte del área al norte de 42°S (fig. 6.3), lo que es posible asociar a mayor frecuencia de pasajes de sistemas frontales con topografía similar a la del modelo C inverso ó a situaciones asociadas a frentes al norte de 40°S como el caso de modelo D tipo o también el modelo B tipo siendo el anticiclón ubicado en la Patagonia un anticiclón post-frontal (ver tabla 6.1).

El verano de 1980-81 muestra características más lluviosas que lo normal en la mayor parte del área (fig. 6.3), esta anomalía estaría asociada a advección de aire cálido y húmedo del Atlántico por situaciones similares al modelo A que explica 71% de la varianza, lo que implica gran persistencia de esta situación sinóptica (ver tabla 6.1).

En el invierno de 1974 se observan anomalías negativas de temperatura sobre Chile, norte y este de la Argentina, sur de Brasil y Uruguay (fig 6.2), lo que puede deberse a la entrada de aire frío asociados a sistemas con topografía similar los modelos E y C inverso que posibilitan la entrada de aire frío a la región antes descripta.

El invierno de 1978 que presenta anomalías negativas de temperatura al sur de 40°S (fig. 6.2), las que pueden deber a sistemas cuya topografía similar a la del modelo D tipo y también a el modelo G tipo, aunque el efecto debido a este modelo sería despreciable (tabla 6.1) tomado aisladamente.

El invierno de 1979 se encuentra dominado por temperaturas mayores que lo normal (fig. 6.2), esto se podría deber a la mayor persistencia de situaciones del modelo tipo A que posibilita la entrada de aire cálido al continente. La persistencia de sistemas similares a este también explicarían la anomalía positiva de precipitación en el centro -norte de la región estudiada.

Los inviernos de 1980 y 1981 presentan anomalías negativas de temperatura al norte de 31°S aproximadamente, esto se podría explicar por la menor persistencia del modelo A.

Las anomalías negativas de temperatura que se observan en los años 1974 y 1979 al norte de 40°S (fig. 6.2) pueden deberse a la mayor frecuencia de sistemas asociados al modelo B tipo (Var+) (tabla 6.1).

En las muestras anuales estudiadas se observan anomalías de precipitación positivas con valores que sobrepasan los 200 mm en la región centro -norte de la Argentina, esto se podría explicar por la persistencia del modelo A tipo (Var+). Esto mismo se observó en los años 1973, 1974, 1977, 1982 y 1983 que presentan porcentajes de varianza explicados por el modelo A superiores al 60%.

6.3.3 Relación entre los porcentajes de varianza, el IOS y el índice de TSM

El índice de Oscilación del Sur (IOS), dado por las diferencias de las presiones de superficie normalizadas entre Tahití y Darwin, el índice de Temperatura Superficial del Mar (TSM) tomado como la anomalía mensual entre 4°N - 4°S y entre 150°W - 90°W (Trenberth, comunicación personal) y las varianzas explicadas por el modelo a (flujo básico) para los años "normales" se encuentran en la tabla 6.2.

	VERANO 1974-75	VERANO 1977-78	VERANO 1978-79	VERANO 1979-80	VERANO 1980-81
%Mod A	62.9	63.4	70.1	65.6	71.0
IOS	-0.07	-1.76	-0.07	-0.23	-0.23
TSM	-5.67	3.33	1.0	3.33	3.33

	INVIERNO 1974	INVIERNO 1978	INVIERNO 1979	INVIERNO 1980	INVIERNO 1981
%Mod A	62.0	58.4	65.0	56.5	60.9
IOS	0.6	0.23	0.37	-0.2	0.73
TSM	0	-6.33	1.67	1.67	-2.67

	AÑO 1974	AÑO 1978	AÑO 1979	AÑO 1980	AÑO 1981
%Mod A	61.3	60.1	61.1	60.8	61.5
IOS	1.02	-0.37	-0.11	-0.38	0.03
TSM	-5.33	-2.67	3.08	1.5	-2.25

TABLA 6.2: Varianza explicada por el modelo A y valores de los índices de TSM e IOS para las muestras estacionales y anuales de los años.

Como puede observarse no se evidencia relación entre los porcentajes de varianza observados, el IOS y TSM como previamente se había encontrado en los inviernos asociados a ocurrencia eventos ENSO en el Pacífico Ecuatorial (1972-73, 1976-77 y 1982/83) para los cuales la varianza explicada por el modelo A es baja cuando el IOS también lo es.

6.3.4 ANÁLISIS DE LOS ESPECTROS

Se utiliza el análisis espectral de Tukey con ventana de Parzen, con un nivel de significancia de Markov del 90% (Figuras 6.7, 6.8 y 6.9) para el estudio de los ciclos y cuasi-ciclos.

Espectros de verano: (Figura 6.7)

El espectro correspondiente a la **primer componente** (modelo A) presenta picos significativos entre 12 y 3.53 días en los veranos 1974-75, 1977-78, 1978-79 y 1979-80 y ningún máximo significativo en el verano 1980-81. Durante el verano 1974-75 se observan 2 picos significativos uno entre 7.5 y 6 días y otro más pequeño en 3.53 días, en el verano de 1979-80 se presentó un único pico significativo entre 4 y 3.75 días, siendo esto dos últimos casos los que presentan ondas cortas significativas al 90% y coinciden con los veranos con menor varianza explicada por el modelo. El verano 1977-78 muestra 2 máximos espectrales uno en 12 días y el otro entre 6.67 y 6 días y el de 1978-79 presenta un pico entre 8.57 y 6.67 días, mientras que el verano de 1980-81 no muestra ningún pico significativo, coincidiendo con los valores más altos de varianza explicada.

El espectro de la **segunda componente** (modelo B) muestra en el verano 1974-75 dos máximos espectrales, en 8.57 días y entre 3.75 y 3.53 días, el verano 1977-78 muestra un único pico en 10 días y el verano 1978-79 en 4.62 días. Los dos veranos restantes, 19779-80 y 1980-81 no presentan ningún pico significativo para esta componente.

La **tercer componente** presenta picos significativos en un rango de longitudes de onda que va desde los 6.67 días a 2.07 días. En el veranos de 1974 se observa un pico entre 3.53 y 3.33 días, en 1977-78 dos máximos uno entre 6.67 y 6 días y otro en 2.4 días; en 1979-80 un pico entre 4 y 3.75 días y en 1980-81 en 2.07 días. El verano 1978-79 no presenta picos significativos.

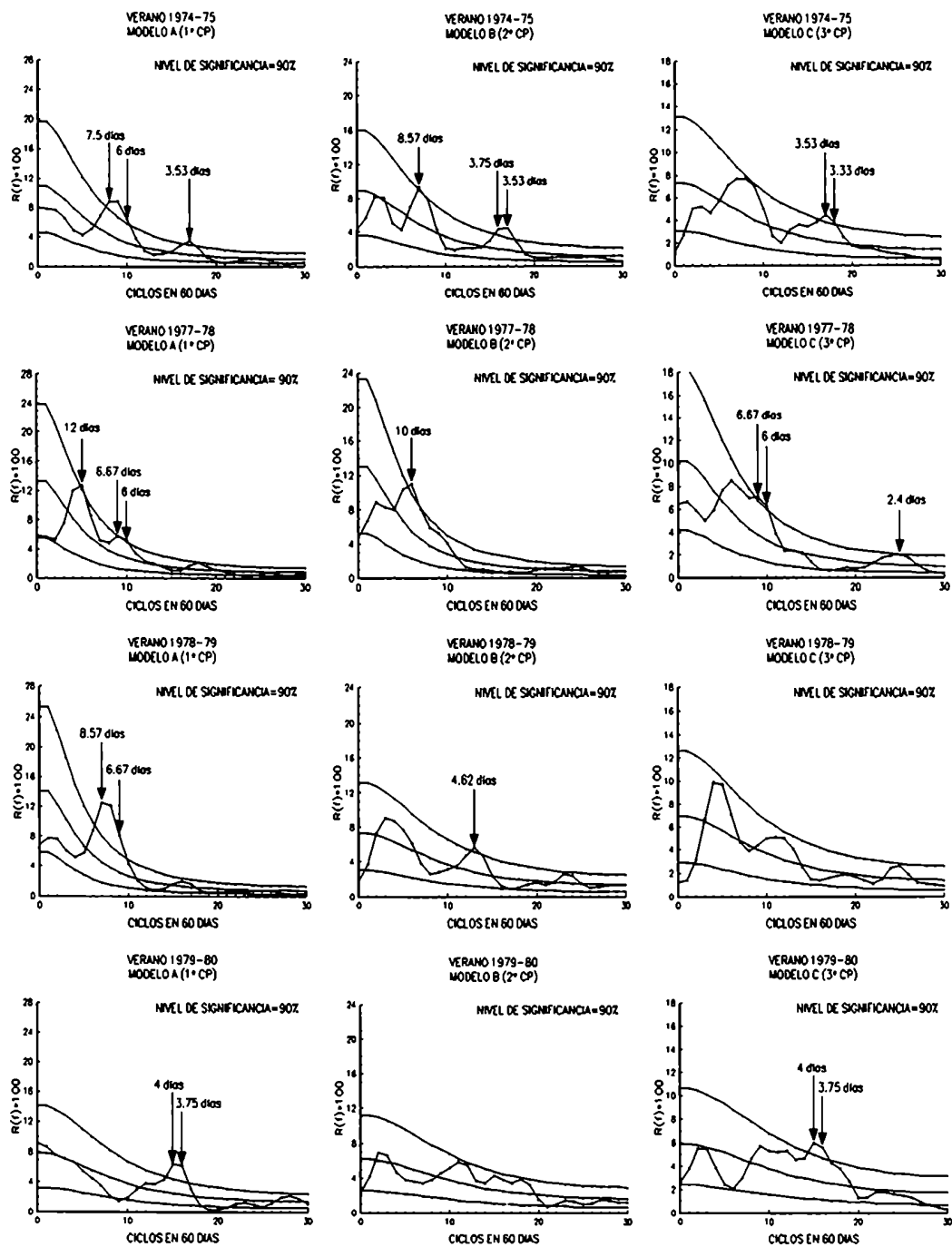


Figura 6.7: Espectros correspondientes a los modelos A, B y C de los veranos de 1974-75, 1977-78, 1978-79 y 1980-81.

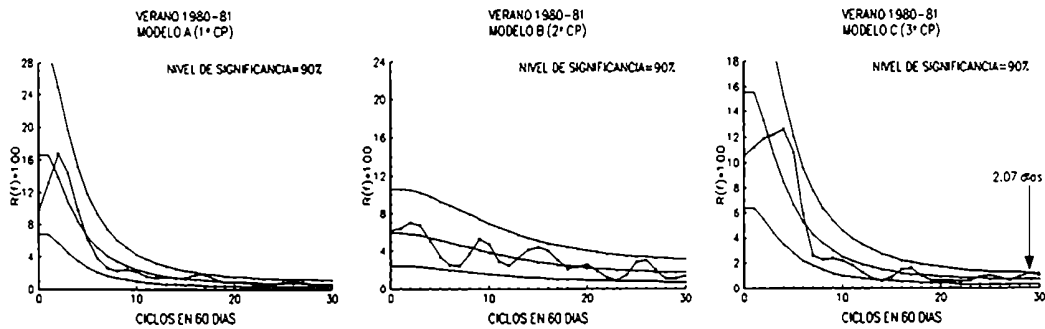


Figura 6.7(cont.): Espectros correspondientes a los modelos A, B y C de los veranos de 1974-75, 1977-78, 1978-79 y 1980-81.

El verano de 1980-81, sería el menos perturbado ya que las ondas o ciclos no resultan significativas excepto para el 3° CP, que tiene varianza significativa para 2.07 días.

Espectros de invierno: (Figura 6.8)

La **primera componente** en todos los casos corresponde al modelo A.

En el invierno de 1974 este modelo no presenta ningún pico significativo. El resto de los inviernos estudiados presenta máximos entre 8.57 días y 3.57 días. Se puede ver en los gráficos que los inviernos de 1975 y 1978 presentan ondas de período menor que el resto, indicando que estos serían los dos inviernos más perturbados.

La **segunda componente** que está representada por el modelo B no presenta ningún pico significativo durante los inviernos de 1974 y de 1981. En el invierno de 1975 se puede ver un máximo de varianza significativa para ondas entre 4.62 y 4.29 días. Para 1978 se observa un máximo espectral entre 3.16 y 2.86 días, en 1979 presenta un solo máximo entre 3.16 y 3 días y en 1980 uno en 2.86 días.

La **tercer componente** (representada por el modelo C en todos los casos) presenta ondas significativas solo en los inviernos de 1975 y de 1980. El invierno de 1975 solo un pico espectral significativo en 4.62 días y en el invierno de 1980 entre 7.5 y 6 días.

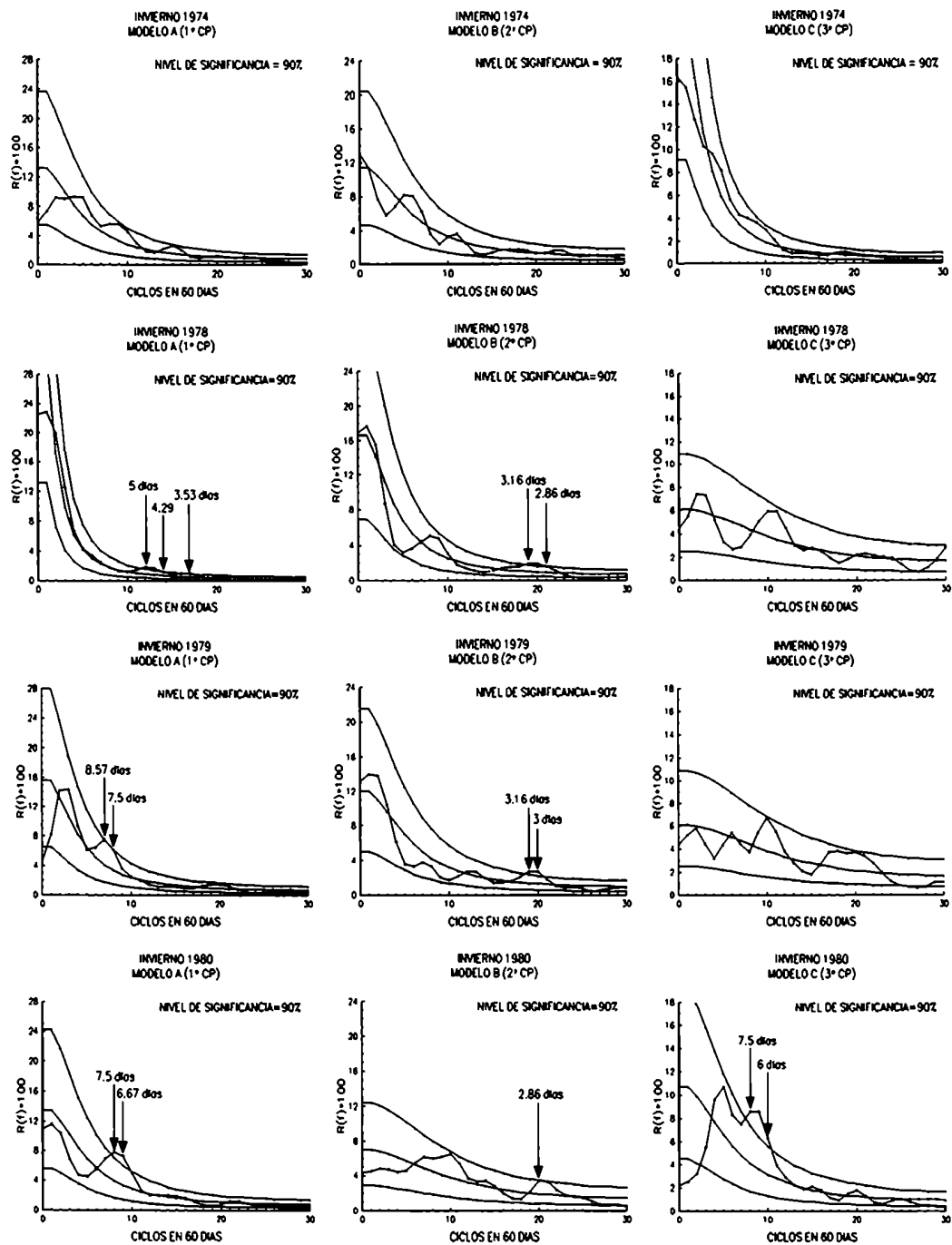


Figura 6.8: Espectros correspondiente a los modelos A, B y C de los inviernos 1974, 1978, 1979, 1980 y 1981.

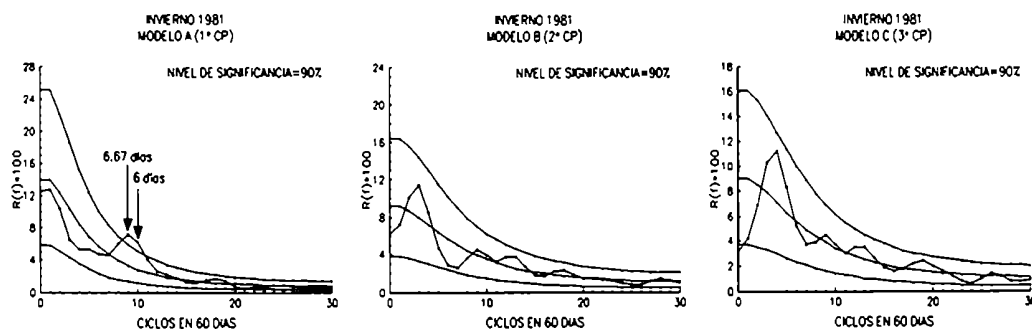


Figura 6.8 (cont.): Espectros correspondiente a los modelos A, B y C de los inviernos 1974, 1978, 1979, 1980 y 1981.

De todos los inviernos analizados el de 1974 es el menos perturbado ya que no presenta ciclos significativos en los espectros de las tres primeras componentes.

En general, los veranos presentan picos significativos para ondas de escala sinóptica en una franja más amplia de los inviernos.

Espectros anuales: (Figura 6.9)

La **primer componente** que en todos los casos corresponde al **modelo A**. El año 1974 presenta ondas significativas que van desde 8.9 días a 4.07 días, con picos entre 8.9 y 8.57 días, entre 7.06 y 6.32 días y entre 4.21 y 4.07 días. El año 1978 presenta picos entre 7.06 y 6.86 días, entre 4.8 y 4.53 días y ondas significativas de menor importancia entre 3.69 y 2.96 días. El año 1979 muestra ondas significativas entre 8.57 y 8 días, en 5.22 días, 4, 3.48, entre 3.38 y 3.33 y entre 2.61 y 2.58 días. El año 1980 presenta máximos significativos en rango menor de longitudes, estos máximos se encuentran entre 7.06 y 6.67 días, en 5.71 días y entre 4.21 y 3.93 días. El año 1981 es el que muestra picos espectrales en mayor amplio rango de longitudes de onda

La **segunda componente** que en todos los casos está representada por el **modelo B**.

En 1974 encontramos el rango mas grande de frecuencias con máximos entre 80 y 60 días, entre 6 y 5.45 días, entre 4.9 y 4.71 días, entre 3.75 y 3.69 días, 2.7 días.

En 1978 el rango de frecuencias que va desde 12.63 a 3.6 días, presentando picos significativos entre 12.63 y 12, 10 días, entre 7.5 y 6.32 días, entre 3.6 días.

El año 1979 los máximos espectrales se encontraron entre 5.33 y 5 días, 4.71 y 4.62 días, en 3.53 y en 3.16 entre 3.12 días.

En el año 1980 las frecuencias significativas se presentaron en un rango que va desde los 6 días hasta 4 días. Los máximos se presentaron entre 6 y 5.85 días y el más importante entre 4.21 y 4 días.

El año 1981 muestra picos espectrales entre 13.33 y 12.63 días, entre 7.27 y 6.49 días, entre 4.71 y 4.62 días, entre 3.58 y 3.48 días, entre 3 y 2.96 días y entre 2.67 y 2.64 días.

La segunda componente correspondiente al año 1974 presentó frecuencias significativas en un rango más amplio que el resto de los años estudiados en este capítulo.

La **tercer componente** correspondió en todos los años al **modelo C** presenta en los años 1974 y 1981 el rango de frecuencias más amplio que en el resto, variando entre 240 y 2.35 días en el año 1981 y entre 240 y 3.12 días en el año 1974. El espectro del año 1980 presenta ondas significativas entre 14.12 y 12.63 días, 7.06 y 6.67 días en 4.36 y entre 4.14 y 4 y entre 3.12 y 3.04 días. El año 1978 muestra ondas significativas entre 6.67 y 6.32 días, en 5.58, entre 4.62 y 4.44 y en 2 días. El año 1979 presentó ondas significativas entre 5.33 y 5.33, en 3.64 y entre 2.93 y 2.89 días.

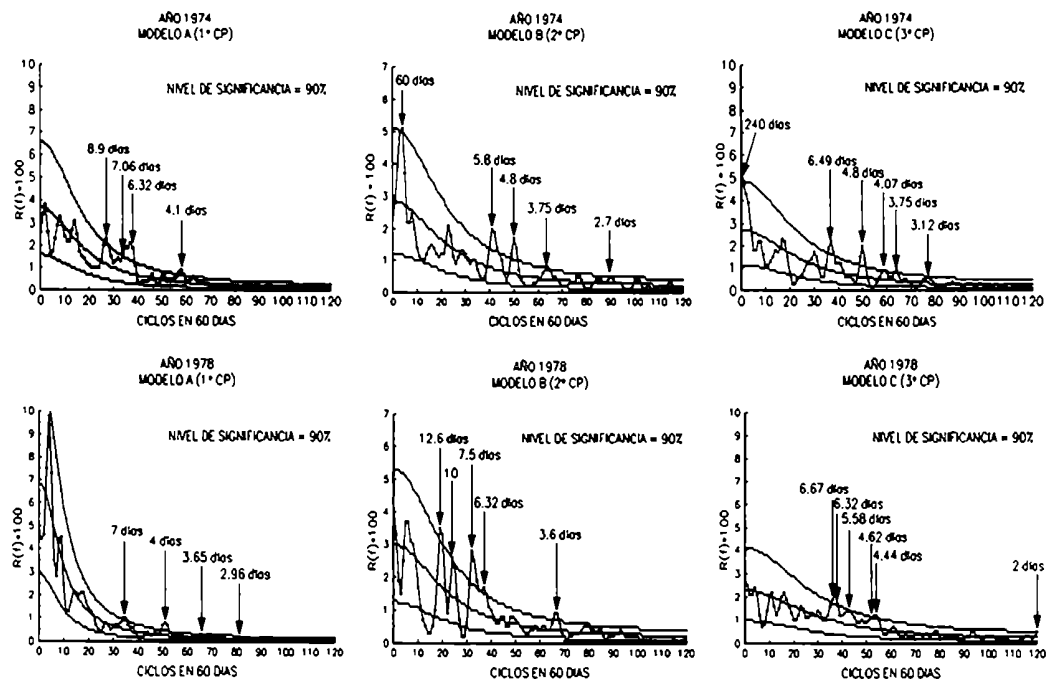


Figura 6.9: Espectros de los modelos A, B y C correspondientes a los años 1974, 1978, 1979, 1980 y 1981.

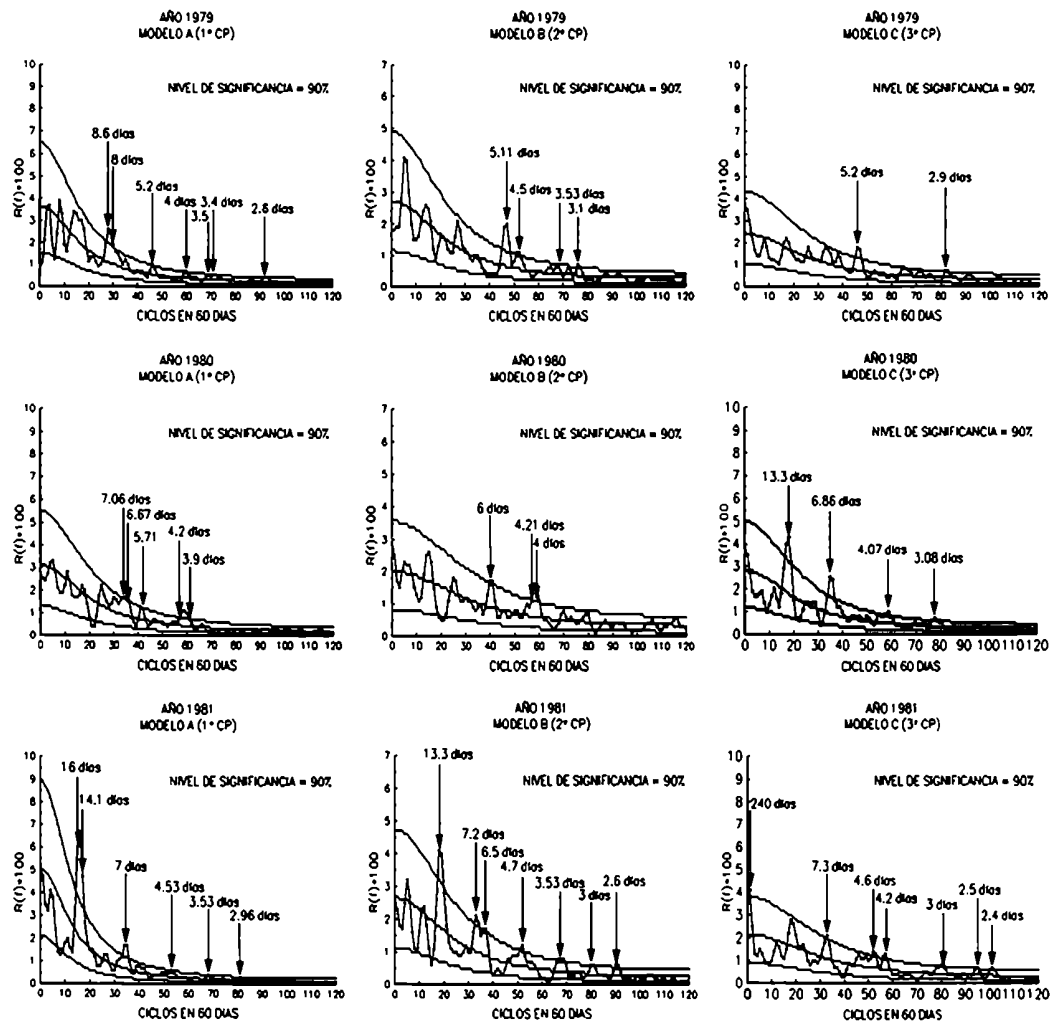


Figura 6.9(cont.): Espectros de los modelos A, B y C correspondientes a los años 1974, 1978, 1979, 1980 y 1981.

6.4 ANÁLISIS DEL PERIODO 1972-83

Como se puede observar en la tabla 6.3, existe una clara manifestación de que durante los inviernos la circulación está más perturbada que durante los veranos, mostrando durante los inviernos porcentajes de varianza explicados por el modelo A menores que en los veranos.

La varianza explicada por el modelo A para las muestra anuales a partir de 1977 presenta muy poca variabilidad (entre 60.1% y 61.5%), esto coincide con el “cambio climático” ocurrido en el año 1976 como fue señalado por Trenberth (1990), Ebbesmeyer y otros (1991), Wang (1995), Vargas y otros (1995), Knapp y Yin (1996) y entre otros.

Durante los invierno asociados a eventos ENSO, tanto en su fase fría como cálida se percibe una posible correlación positiva entre el IOS y la presión a nivel del mar en el área de estudio al norte de 45°S, como fue señalado por Aceituno (1988). Sin embargo no se puede identificar ningún tipo de relación en el caso de las muestras de verano.

En el caso de las anomalías anuales se puede observar la existencia de un dipolo de anomalías de precipitación con valores negativos en el sector NE y positivos entre 28° y aproximadamente 34°S en las muestras correspondientes a los años 1973, 1975, 1976, 1978 y 1981, estos resultados son independientes de la ocurrencia del evento ENSO. Las muestras correspondientes a los años 1974 y 1979 también presentan el dipolo pero en estos casos con anomalías negativas generalizadas, siendo estas evidentemente independientes de la ocurrencia del fenómeno ENSO. Este dipolo de la precipitación fue notado previamente por Castañeda (1994), al estudiar al tendencia de la precipitación anual para el período 1956-1991.

Las anomalías anuales de presión presentan valores positivos generalizados en las muestras correspondientes a los años 1973, 1974, 1976, 1978, 1979, 1981, 1982 y 1983 sobre el área de estudio, no mostrando ningún tipo de relación con los índices de TSM e IOS que señalan la ocurrencia de evento ENSO en el Pacífico Ecuatorial. Similarmente no se encuentra relación entre los eventos ENSO y la ocurrencia de anomalías anuales de temperatura de un signo preferencial en el área de estudio.

Mientras que en los años de evento ENSO, las anomalías de presión muestran patrones de anomalías negativas para 1972, 1977 y 1982 y de anomalías positivas para 1973, 1976 y 1983. En los años considerados “normales”, las anomalías para el sector central y norte del área de

estudio son positivas y en algunos casos negativas para el sector sur, señalando una tendencia generalizada a un aumento del índice zonal de circulación con respecto al período de referencia 1931-60.

	Verano 1971-72	Verano 1972-73	Verano 1973-74	Verano 1974-75	Verano 1975-76	Verano 1976-77	Verano 1977-78	Verano 1978-79	Verano 1979-80	Verano 1980-81	Verano 1981-82	Verano 1982-83
%Mod A	60.7	66.6	66.8	62.9	64.3	54.7	63.4	70.1	65.6	71.0	70.8	63.7
IOS	0.4	-1.37	2.23	-0.07	1.8	-0.07	-1.77	-0.07	-0.23	-0.23	0.57	-3.87
TSM	-6.33	17.0	-15.67	-5.67	-15.33	7.67	3.33	1.0	3.33	-3.33	3.33	29.67

	Invierno 1972	Invierno 1973	Invierno 1974	Invierno 1975	Invierno 1976	Invierno 1977	Invierno 1978	Invierno 1979	Invierno 1980	Invierno 1981	Invierno 1982	Invierno 1983
%Mod A	51.2	58.5	62.0	61.1	64.5	53.6	58.4	65.0	56.5	60.9	49.0	61.3
IOS	-1.3	0.8	0.6	1.7	-0.87	-1.44	0.23	0.37	-0.2	0.73	-2.0	-0.43
TSM	15.0	-10.0	0	-8.3	8.7	0.76	-6.33	1.67	1.67	-2.67	9.0	14.0

	Año 1972	Año 1973	Año 1974	Año 1975	Año 1976	Año 1977	Año 1978	Año 1979	Año 1980	Año 1981	Año 1982	Año 1983
%Mod A	58.2	64.6	61.3	64.0	57.1	60.9	60.1	61.1	60.8	61.5	60.2	60.9
IOS	-0.84	1.58	1.02	1.28	0.08	-1.03	-0.37	-0.11	-0.38	0.03	-1.32	-1.11
TSM	11.0	-5.75	-5.33	-8.75	2.5	2.42	-2.67	3.08	1.5	-2.25	12.08	12.25

Tabla 6.3: Porcentaje de varianza explicado por el modelo A y valores del índice de TSM e IOS para todas las muestras estudiadas (anuales y estacionales).

BIBLIOGRAFÍA:

Aceituno, P. (1988): On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: surface climate. *Monthly Weather Review*, 116. 505-524.

Castañeda, M.E. (1995): La influencia de algunos aspectos de la circulación sobre Argentina, en la climatología de la precipitación. Tesis Doctoral. Departamento de Ciencias de la Atmósfera, FCEyN. UBA. 180 páginas.

Compagnucci, R.H. y Salles, M.A. (1997): Surface pressure patterns during the year over Southern South America. *International Journal of Climatology*, 7. 635- 653.

Ebbesmeyer, C.C.; Cayan, D.R.; McLain, D.R.; Nichols, F.H.; Peterson, D.H. y Redmond, K.T. (1990): 1976 Step in the Pacific Climate: Forty Environmental Changes Between 1968-1975 and 1977-1984. Proceeding of the Seventh Annual Pacific Climate (PACCLIM) Workshop. California Department of Water Resources. Interagency Ecological Studies Program Technical Report 26. In J.L. Betancourt y V.L. Tharp, editors. 1991. 115-126.

Hurrell, J.W. y van Loon, H. (1993): A disruption of the atmospheric annual cycle in the Southern Hemisphere. *Tellus*.

Kiladis, G.N. y van Loon, H. (1988): The Southern Oscillation. Part IV: Meteorological Anomalies over the Indian and Pacific sectors associated with the extremes of the Oscillation. *Monthly Weather Review*, 116, 120-136.

Knapp, P. y Yin, Z-Y. (1996): Relationships between geopotential heights and temperature in the South-Eastern US during wintertime warming and cooling periods. *International Journal of Climatology*, 16. 195-211.

Quinn, W.H., (1992): A study of Southern Oscillation - related climatic activity for A.D. 622 - 1990 incorporating Nile River flood data. In Diaz, H.F. y Markgraf, V (eds), *El Niño: Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge: Cambridge University Press. 119-149.

Ropelewski, C.F, y Harper, M.S. (1987): Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115. 1606-1626.

Salles, M.A. y Compagnucci, R.H. (1995): Características de la circulación de superficie durante 1976-1977 y su relación con las anomalías en el sur de Sudamérica. *Meteorologica*, 20, N° 1 y 2, 7-16.

Salles, M.A. y Compagnucci, R.H. (1997): Características de la circulación de superficie durante el período diciembre de 1971 - febrero de 1974 y sus relaciones con las anomalías ENSO en el sur de Sudamérica. *Meteorologica*, en prensa.

Schwerdtfeger, W. (1976): The atmospheric circulation over Central and South America en *Climates of Central and South America*. World Survey of Climatology. Volumen 12. Elsevier Scientific Publishing Company, Nueva York, USA.

Trenberth, K.E. (1990): Recent observed interdecadal climate changes in Northern Hemisphere. *Bulletin, American Meteorological Society*, 71, 988-993.

van Loon, H.; Taljaard, J.J.; Sasamori, T.; London, J.; Hoyt, D.V.; Labitzke, K.; Newton, C.W. (1972): *Meteorology of the Southern Hemisphere*. The American Meteorological Society.

van Loon, H.; Kidson, J.W. y Mullan, A.B. (1993): Decadal variation of the annual cycle in the Australian dataset. *Journal of Climate*, 6, 1227-1231.

Vargas, W.M, Minetti, J.L. y Poblete, A.G.: Statistical study of climatic jump in regional zonal circulation over South America. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 73. 849-856.

Wang, B.(1995): Interdecadal changes in El Niño onset in the last four decades. *Journal of Climate*,8. 267-285.

CAPÍTULO 7:

CONCLUSIONES GENERALES:

El estudio de las características sinópticas mensuales para el período 1972-1983, mostró que:

- * Todos los meses del año presentan tipos sinópticos similares independientemente de la estación, presentando solo algunas diferencias intermensuales, que concuerdan con las características climáticas conocidas. Estas diferencias son, corrimiento hacia altas latitudes de los sistemas durante el verano, lo cual fue observado en casi todas las CP retenidas y el desplazamiento hacia el este durante el invierno de la perturbación representada por el modelo C.**
- * La principal variabilidad en los campos de presión de superficie a través del año, podría adjudicarse principalmente a cambios en la frecuencia de los tipos sinópticos, representada por las varianzas explicadas por los modelos más que a cambios de forma y ocurrencia de tipos diferentes.**
- * La situación sinóptica con características similares al campo medio de presión de superficie (modelo A tipo, el cual presenta mayor contribución del flujo zonal del oeste en latitudes medias), en todos los casos explica más del 50% de la varianza total. Este tipo es menos frecuente durante los meses de invierno, aproximadamente un 9% menor que los valores más altos encontrados en los meses de transición. Esta distribución sugiere una pequeña componente semi-anual con máximos en los meses de transición.**
- * Las restantes componentes (B a F) representan situaciones sinópticas asociadas a inestabilidades baroclínicas.**
- * La varianza explicada por el modelo A tiene un mínimo durante los meses del semestre invernal (desde abril a septiembre), el resto de los modelos retenidos explican varianzas mayores durante los meses de invierno. Mientras que la estructura del flujo representada por el modelo A corresponde a altos valores del índice de circulación zonal, los restantes modelos (B a F) representan alto índice de circulación meridional y corresponden a las principales perturbaciones del flujo básico. En semestre invernal el gradiente latitudinal de temperatura es mayor necesitándose mayor transporte de calor hacia el Polo.**

El estudio de los años de ocurrencia de evento ENSO mostró que, en general, la presencia de este fenómeno, tiene mayor impacto en el sur de Sudamérica durante los inviernos (junio, julio y agosto) que durante los veranos (diciembre, enero y febrero). Este resultado era esperable, ya que en los inviernos el gradiente de temperatura Ecuador/Polo es mayor que en los veranos, lo cual se ve realzado aún más por la anomalía cálida del Pacífico Ecuatorial. Este aumento del gradiente requiere que la circulación atmosférica equilibre la diferencia en busca del balance, lo que realiza en el HS mediante la componente transiente del flujo (van Loon, 1979).

*** El área de estudio responde más sensiblemente al IOS que a la anomalía de TSM.** Por lo tanto los años pueden agruparse en los que tienen menor IOS, representado por el grupo a) (1972, 1977 y 1982), respecto a los que tienen mayor IOS (y positivo), representados por el grupo b) que son 1973, 1976 y 1983. Los resultados son coherentes con esta agrupación:

- El grupo a) de menor IOS, presenta inviernos con circulación más perturbada, las componentes de los modelos correspondientes a las perturbaciones transientes explican mayor varianza que los del grupo b). Además el análisis espectral reveló perturbaciones más frecuentes y en mayor gama de longitudes de onda significativas para el grupo a).
- Los inviernos del grupo a) (IOS menores), fueron más cálidos que los invierno del grupo b) (IOS mayores).
- Las anomalías de presión, temperatura y precipitación, resultaron en general inversas en un invierno respecto al siguiente.
- Las anomalías de presión de los inviernos del grupo a) fueron negativas mientras que las del grupo b) fueron positivas.
- Los veranos previos al evento ENSO, 1971-72, 1975-76 y 1981-82 fueron más fríos que los veranos correspondientes a la fase madura del evento, 1972-73, 1976-77 y 1982-83.
- Los veranos de la fase madura exhiben, en general, mayores áreas y valores mayores de anomalías positivas de precipitación que los veranos previos a los ENSO.
- La presión tendió a ser igual o mayor durante los veranos previos a los ENSO que en los veranos de la fase madura de los eventos.
- Las anomalías de los años como un todo, no mostraron patrones preponderantes claramente diferenciables de un año al siguiente del par que conforman un episodio ENSO.

*** Se evidencia un cambio en la varianza explicada por la primera componente entre las muestras anuales anteriores y posteriores a 1977, mientras que antes de 1977 este modelo presenta gran variabilidad (entre 58.2 y 64%) después de este año varía entre 60.1 y 61.5%. Esto no se observa al estudiar las muestras de verano e invierno se paradamente.**

***Los años que no corresponden a la ocurrencia de evento ENSO en el Pacífico Ecuatorial no muestran características de anomalías opuestas ni particularidades que puedan aportar al pronóstico estacional.**

*** La característica de alternancia en los signos de las anomalías entre los sucesivos años, en especial inviernos, de los dos años que conforman el ciclo ENSO, es un aporte que permite el pronóstico de las anomalías de presión, temperatura, circulación y en forma más general y menos precisa, de precipitación en el cono sur de Sudamérica.**